ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 6 NOVEMBRE 1950.

PRÉSIDENCE DE M. GASTON JULIA.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à MM. **Ahmad Bey**, Directeur général du Département de la Chimie, au Caire, et **Augusto Pi Suñer**, Professeur de Physiologie à la Faculté de Médecine et Directeur de l'Institut de Médecine expérimentale de Caracas, qui assistent à la séance.

CHRONOMÉTRIE. — *Pendule conique isochrone.*
Note (*) de M. **Jules Haag**.

Réalisation d'un pendule d'Huyghens au moyen d'un couteau, dont la forme détermine rigoureusement la vitesse de rotation, laquelle est stable. Les tolérances de fabrication peuvent être compensées par un réglage.

1. Huyghens a construit une horloge réglée par un pendule conique, constitué par un fil s'enroulant sur la développée d'une parabole à axe vertical et tournant autour de cet axe. Une masse ponctuelle terminant le fil décrit cette parabole. Lorsque l'équilibre relatif est atteint, la vitesse angulaire est $\omega_1 = \sqrt{g/p}$, p désignant le paramètre de la parabole. La période est donc indépendante du couple moteur; le pendule est *isochrone*.

Ce dispositif a été abandonné, parce que la *liaison par fil* n'a pas une précision compatible avec les exigences de la chronométrie et aussi parce que la *masse ponctuelle* n'est réalisable qu'approximativement. L'idée d'Huyghens n'en est pas moins intéressante, si l'on peut éliminer les objections ci-dessus.

2. On peut se débarrasser du fil en utilisant un couteau cylindrique dont la section droite (C) roule sur une horizontale O_1x_1. La forme de (C) doit être telle qu'un point O lié au couteau décrive la parabole. Ceci est un problème élémentaire de cinématique, qui comporte une infinité de solutions. La plus

(*) Séance du 30 octobre 1950.

simple est obtenue lorsque O_1x_1 est la directrice de la parabole, auquel cas la courbe (C) a pour équation polaire

$$2r\cos^3\frac{\theta}{3}=p.$$

L'objection de la masse ponctuelle disparaît si le pendule lié au couteau admet O pour centre de gravité et si l'ellipsoïde d'inertie correspondant est de révolution autour de la perpendiculaire au plan de la parabole.

Mais il reste à étudier la *stabilité* de l'équilibre relatif. Nous allons, en conséquence, reprendre le problème directement par la Dynamique.

3. Soit $O_1x_1y_1z_1$ un trièdre tournant autour de la verticale ascendante O_1y_1. Appelons θ l'angle de rotation. Soit $Oxyz$ un trièdre dont le mouvement par rapport à $O_1x_1y_1z_1$ est obtenu par le roulement d'un cylindre, dont la section par xOy roule sans glissement sur O_1x_1 et dont les génératrices sont parallèles à Oz. Un corps solide (S) est lié à $Oxyz$. On peut toujours choisir O de manière que le centre de gravité G se trouve sur Oz. Soit c sa cote, m la masse de (S); A, B, ..., F les moments et produits d'inertie relatifs à $Oxyz$, α l'angle de Ox avec O_1x_1. Un plateau (P) est lié à $O_1x_1y_1z_1$, sa face supérieure étant dans le plan $y_1O_1z_1$. Appelons I son moment d'inertie par rapport à O_1y_1 et (a, b, o) les coordonnées de O par rapport à $O_1x_1y_1z_1$. La force vive du système est

$$2T=H\theta'^2+J\alpha'^2+2K\theta'\alpha',$$

avec

$$\text{(1)}\qquad H=I+ma^2+mc^2+\frac{A+B}{2}+\frac{B-A}{2}\cos2\alpha+F\sin2\alpha,$$

$$\text{(2)}\qquad J=mb^2+m\left(\frac{db}{d\alpha}\right)^2+C,\qquad K=mbc+E\sin\alpha-D\cos\alpha.$$

La condition de non-glissement est

$$\text{(3)}\qquad b=\frac{da}{d\alpha}.$$

Les forces sont la pesanteur, le couple moteur constant Γ appliqué à (P), le couple L de résistance au roulement du couteau sur (P), le couple $-M(\theta')$ dû à la résistance de l'air sur le plateau (muni éventuellement d'ailettes de freinage) et le couple $-N(\theta', \alpha)$ dû à la résistance de l'air sur (S). Les fonctions M et N croissent avec θ'; nous supposons que N croît aussi avec α.

4. Les équations de Lagrange s'écrivent

$$\text{(4)}\qquad \frac{d}{dt}(H\theta'+K\alpha')=\Gamma-M-N,$$

$$\text{(5)}\qquad \frac{d}{dt}(J\alpha'+K\theta')-\frac{1}{2}[H'(\alpha)\theta'^2+J'(\alpha)\alpha'^2+K'(\alpha)\theta'\alpha']=L-mg\frac{db}{d\alpha}.$$

L'*isochronisme* se traduit par la condition suivante : *Quel que soit le couple*

moteur, le système doit pouvoir tourner avec une vitesse angulaire constante ω_1 *choisie à l'avance.*

L'équation (4) donne la valeur α_1 de α, qui seule dépend de Γ. L'équation (5) devient

$$H'(\alpha_1)\omega_1^2 = 2mg\frac{db}{d\alpha_1} - 2L_1.$$

Négligeons L_1 et intégrons; nous obtenons, en supprimant l'indice

$$(6) \qquad 2p\frac{da}{d\alpha} = a^2 + \frac{B-A}{2}\cos 2\alpha + F\sin 2\alpha + 2ph, \qquad h = \text{const.}$$

La solution générale est déterminée par cette équation de *Riccati*, qui se ramène à une équation de *Mathieu*. On obtient une solution simple en supposant $A = B$ et $F = 0$, ce qui signifie que *le plan* xOy *est plan cyclique pour l'ellipsoïde d'inertie*. Le point O décrit alors la *parabole d'Huyghens* et le couteau peut être choisi comme au n° 2.

5. La stabilité s'étudie par la méthode habituelle. Posons

$$\lambda = M'(\omega_1) + N'_{\theta'}(\omega_1, \alpha_1), \qquad \mu = N'_{\alpha}(\omega_1, \alpha_1).$$

On trouve que *l'unique condition de stabilité est*

$$(7) \qquad \frac{\lambda\omega_1}{\mu} > \frac{(I+A)\cos^2\beta_1 + mp^2\sin^2\beta_1}{mp^2\,\mathrm{tg}\,\beta_1}, \qquad 2\beta_1 = \alpha_1$$

On peut toujours la réaliser par le frein à ailettes.

Pour que le couteau ne glisse pas, il faut que β_1 soit inférieur à l'angle de frottement.

6. Plaçons le couteau dans une position telle que α soit légèrement inférieur à α_1, ce qui se règle par une butée. Puis, partons du repos et faisons agir le couple moteur. Le couteau reste appuyé contre la butée tant que $\omega < \omega_1$. La vitesse ω_1 est atteinte au bout d'un temps fini. On se trouve alors au voisinage de la position d'équilibre. En vertu de la condition (7), $\alpha \to \alpha_1$ et $\omega \to \omega_1$; *le mouvement tend vers la rotation uniforme désirée.*

On peut étudier facilement la répercussion des tolérances de fabrication sur la valeur de la vitesse angulaire effectivement réalisée et en déduire une méthode pratique de réglage du pendule.

On trouvera le développement de cette étude dans un prochain numéro des *Annales françaises de Chronométrie.*

M. **Louis de Broglie** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de Pascaline et Raymond Daudel intitulé : *Les apports de la Mécanique ondulatoire à l'étude de la molécule*, dont M. **Linus Pauling** a écrit la *Préface.*

M. **Paul Montel** fait hommage d'un nouveau tirage de son Ouvrage : *Statique et résistance des matériaux.*

M. **Selman A. Waksman** adresse à l'Académie trois fascicules relatifs à ses travaux sur la streptomycine et la néomycine.

L'Ouvrage suivant est présenté par M. **Roger Heim** :

Manuels Ouest-Africains. Volume II. *Mollusques testacés marins de la Côte occidentale d'Afrique*, par M. Maurice Nicklès.

DÉSIGNATIONS.

M. **Guido Castelnuovo** sera prié de représenter l'Académie à la Cérémonie commémorative en l'honneur de **Vito Volterra**, qui aura lieu à Ancône, sa ville natale, le 25 novembre 1950.

CORRESPONDANCE.

M. **Georges Reboul** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place de Membre non résidant vacante par le décès de M. *Émile Cotton*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Pontificiæ Academiæ scientiarum scripta varia. 7. *Semaine d'étude sur le problème biologique du Cancer*.

2° *Chemische Technologie*. Sammelwerk in fünf Bänden. *Anorganische Technologie* II, herausgegeben von Karl Winnacker und Ernst Weingaertner.

3° Faculté de Philosophie de l'Université de Skopje. Section des Sciences naturelles. *Éditions spéciales*, Livres 1, 2, 3.

ALGÈBRE. — *Sur les ensembles réguliers de relations binaires.* Note (*) de M. **Jacques Riguet** présentée par M. Arnaud Denjoy.

Dans cette Note on énonce une proposition très générale relative à certains ensembles réguliers de relations binaires qui peut être appliquée, entre autres, aux problèmes d'immersion de semi-groupes, à l'introduction de coordonnées dans les géométries abstraites, à la théorie de la mesure.

Soient E un ensemble et $\mathcal{R}$ un ensemble de relations binaires entre éléments de E. Nous dirons que $\mathcal{R}$ est *régulier* (1) lorsque deux relations distinctes de $\mathcal{R}$ sont toujours disjointes.

(*) Séance du 30 octobre 1950.

(1) Car cette notion généralise la notion de groupe régulier de permutations.

Nous dirons que $\mathcal{R}$ est un *monoïde régulier* de relations lorsque $\mathcal{R}$ est un ensemble régulier de relations tel que, quels que soient $R_1 \in \mathcal{R}$ et $R_2 \in \mathcal{R}$ il existe toujours $R \in \mathcal{R}$ (unique) tel que $R_1 R_2 \subset R$. $\mathcal{R}$ est un monoïde, c'est-à-dire est muni d'une loi interne associative partout définie si à R_1 et R_2 on fait correspondre le R (unique) tel que $R_1 R_2 \subset R$. Si cette loi interne est une loi de semi-groupe (respectivement de groupe) nous dirons que $\mathcal{R}$ est un semi-groupe (respectivement un groupe) de relations binaires.

THÉORÈME. — *Si $\mathcal{R}$ est un monoïde régulier de relations ne contenant pas la relation vide et tel que, quel que soit $R_1 \in \mathcal{R}$, il existe $R \in \mathcal{R}$ tel que $\overset{-1}{R_1} \subset R$, $\mathcal{R}$ est un groupe régulier de relations difonctionnelles ayant pour élément neutre l'unique quasi-équivalence de $\mathcal{R}$ et l'inverse de $R \in \mathcal{R}$ par rapport à la loi de groupe est $\overset{-1}{R} \in \mathcal{R}$.*

Montrons d'abord que si $R \in \mathcal{R}$, $\overset{-1}{R} \in \mathcal{R}$. Par hypothèse, il existe $S \in \mathcal{R}$ et $T \in \mathcal{R}$ tels que $\overset{-1}{R} \subset S$ et $\overset{-1}{S} \subset T$. Donc $R \subset \overset{-1}{S} \subset T$. Donc $R = \overset{-1}{S} = T$. Donc $\overset{-1}{R} = S \in \mathcal{R}$.

Montrons que $\mathcal{R}$ contient une et une seule quasi-équivalence.

En effet si $R \in \mathcal{R}$, il existe $R_0 \in \mathcal{R}$ tel que $\overset{-1}{R} R \subset R_0$. Puisque $R \neq \emptyset$ on a $\Delta_{\overset{-1}{R}R} \neq \emptyset$ [2]. Donc $\Delta_{R_0} \neq \emptyset$. Montrons que R_0 est une quasi-équivalence. On a $\Delta_{R_0} = \Delta_{R_0} \Delta_{R_0} \subset R_0 R_0 \cap R_0$. Donc $R_0 \cap R_0 R_0 \neq \emptyset$. Donc $R_0 R_0 \subset R_0$. Mais $\Delta_{R_0} \neq \emptyset$ entraîne $R_0 \cap \overset{-1}{R_0} \neq \emptyset$. Donc $R_0 = \overset{-1}{R_0}$:

R_0 étant symétrique et transitive est donc bien une quasi-équivalence.

Si R est tel que $\Delta_R \neq \emptyset$ alors R est une quasi équivalence pour la même raison. On a $R = R_0$ car si $R \cap R_0 \neq \emptyset$ alors $R = R_0$ et si $R \cap R_0 = \emptyset$ alors $\Delta_{E_{R_0}} \Delta_{E_R} = \emptyset$ d'où $R_0 R = \emptyset$ contre l'hypothèse.

Donc $\mathcal{R}$ ne contient que la seule quasi-équivalence R_0.

Quel que soit $R \in \mathcal{R}$, $\Delta_{\overset{-1}{R}R} \neq \emptyset$. Or il existe $S \in \mathcal{R}$ tel que $S \supset \overset{-1}{R}R$. Donc $\Delta_S \neq \emptyset$. Donc $S = R_0$. Donc $\overset{-1}{R}R \subset R_0$. De même $R\overset{-1}{R} \subset R_0$. On en déduit $R \subset RR_0$, $R \subset R_0 R$ [3].

Mais alors il existe $T \in \mathcal{R}$, $RR_0 \subset T$. Donc $R \subset RR_0 \subset T$. Alors $R \cap T \neq \emptyset$. Donc $R = T$. Donc $R \subset RR_0 \subset R$. Donc $R = RR_0$. De même $R = R_0 R$. Donc R_0 est élément neutre.

De plus $R = RR_0 \supset R\overset{-1}{R}R \supset R$. Donc $R = R\overset{-1}{R}R$ c'est-à-dire R est difonctionnelle.

Remarque. — $\mathcal{R}$ ne contient pas de transpositions. En effet $RR \subset R_0$ entraîne $RR \cap R_0 \neq \emptyset$. D'où $R_0 R \cap \overset{-1}{R} \neq \emptyset$, c'est-à-dire $R \cap \overset{-1}{R} \neq \emptyset$, c'est-à-dire $R = \overset{-1}{R}$, c'est-à-dire $R = R_0$.

---

(2) Rappelons que si R est une relation binaire on pose $\Delta_R = \Delta \cap R$.

(3) Car pour toute relation binaire R : $R \subset R\overset{-1}{R}R$.

THÉORIE DES NOMBRES. — *Approximations diophantiennes linéaires réelles. II. Problème non homogène.* Note de M. **Claude Chabauty** et Mlle **Élisabeth Lutz**, présentée par M. Paul Montel.

Nous utilisons les définitions et notations d'une Note antérieure (1), les systèmes linéaires considérés sont supposés mis sous la forme canonique utilisée dans celle-ci. Nous dirons qu'un ensemble E de nombres réels >0 à un *écart multiplicatif* $\geqq \delta > 1$ si $a \in E$, $b \in E$ et $ba^{-1} > 1$ entraînent $ba^{-1} > \delta$.

Lemme I. — *Soit* E *un ensemble de nombres réels* >0 *tel que l'ensemble* $E \cap [h^{-1}, h]$ *soit fini pour tout* $h > 0$. *Soit* $\delta > 1$, *on peut trouver un sous-ensemble* E_δ *de* E *d'écart multiplicatif* $\geqq \delta$ *et tel que à tout* $a \in E$ *on puisse associer un* $a' \in E_\delta$ *avec* $\delta^{-1} a' < a \leqq a'$.

L'énoncé est trivial si E est fini (on détermine les éléments de E_δ par ordre de grandeurs décroissantes). Si E est infini on utilise ses sections finies $E_h = E \cap [h^{-1}, h]$, $h = 2, 3, \ldots$ et l'on construit E_δ à partir des $E_{h\delta}$ par le procédé diagonal. Pour un lemme analogue moins précis, *cf* Khintchine (2) Davenport (3).

Lemme II. — *Soit* L_A *un système linéaire tel que* (1) $L(X, A) \leqq \varphi(t)$, $0 < H(X) \leqq t$ *ait une solution* X *entière pour tout* $t \geqq t_0$, $\varphi(t)$ *étant une fonction* >0 *décroissante. Soit* $\delta > 1$; *on peut trouver une suite de* X_h *entiers, avec* $0 < \delta H(X_h) \leqq H(X_{h+1})$ *et tels que pour tout* $t \geqq t_0$ *l'un d'eux satisfasse à* (2), $L(X, A) \leqq \varphi(t)$, $0 < H(X) < t\delta$.

On applique le lemme précédent à un système complet de solutions entières de (1) pour lesquelles $L(X, A)$ soit fonction décroissante de $H(X)$.

Lemme III. — *Soit* $W_h = (w_{1h}, \ldots, w_{qh})$ *une suite de points de* R^q, $h = 1, 2, \ldots$. *Soit* $\rho_h = \operatorname{Max}(|w_{1h}|, \ldots, |w_{qh}|)$. *Si pour tout* h, $\rho_{h+1} \geqq 2^{-1}.3q\rho_h$, *on peut trouver un élément* $\Lambda = (\lambda_1, \ldots, \lambda_q) \in R^q$ *tel que*

$$|\lambda_1 w_{1h} + \ldots + \lambda_q w_{qh} + s| \geqq \frac{1}{4}, \tag{3}$$

pour tout s *entier rationnel et tout* h.

Soit M_h la partie de R^q définie par les inégalités (3) pour h fixe et s prenant toutes les valeurs entières rationnelles. On forme des cubes C_h fermés non vides emboîtés $C_h \subset M_h$, $C_{h+1} \subset C_h$ dont l'intersection fournit le point cherché. Pour un lemme analogue, *cf* Khintchine (2).

---

(1) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 887.

(2) *Compos. Math.*, 4, 1937, p. 424-431.

(3) *Quart J. Math. Oxford* (2), 1950, p. 54-62.

Soit L_{A^*} le système associé au système L_A de sorte que l'on a pour tout X et Y

$$pL(X, A)H(Y) + qL(Y, A^*)H(X) \geqq |\Sigma L_i(X, A)v_i + \Sigma L_j(Y, A^*)x_j| = |\Sigma u_i v_i + \Sigma x_j y_j| = |X \cdot Y|.$$

Supposons que L_A satisfasse aux conditions du lemme II. Prenons $X = X_h$ solution de (2) pour $\delta = 2^{-1}.3q$ et $\lambda_1, \ldots, \lambda_q$ par la condition que

$$|\lambda_1 x_{1h} + \ldots + \lambda_q x_{qh} + s| \geqq \frac{1}{4},$$

pour tout entier rationnel s et tout h. Prenons $Y_0 = (\lambda_1, \ldots, \lambda_q, 0, \ldots, 0)$ et supposons que pour un ensemble F de valeurs de $z > 0$ $L(Y + Y_0, A^*) \leqq \psi(z)$, $H(Y) \leqq z$ ait une solution en Y entier. Alors pour tout $t \geqq t_0$ et tout $z \in F$, on a

$$(4) \qquad p\varphi(t)z + \psi(z)2^{-1}.3q^2 t > \frac{1}{4}.$$

Prenons $t = t(z)$ défini par $\varphi(t)z = (8p)^{-1}$ [valeur acceptable ($ie \geqq t_0$) si $\varphi(t)$ tend vers zéro avec t^{-1} et si z est assez grand]. Il vient $\psi(z) \geqq (12q^2 t(z))^{-1}$. Si l'on applique ce résultat aux systèmes L_A dont l'existence est assurée par les théorèmes I, II, III de la Note précédente on a, avec des changements de notations évidents :

THÉORÈME 1. — *Soit donnée une fonction* $\varphi(t) > 0$ *décroissante tendant vers* 0 *quand* $t \to +\infty$, *arbitraire. Si* $(n+2)/3 \leqq p < n$ *il existe un système linéaire de signature* (p, n) *dont le tableau* A *des coefficients est pur et un point* X_0 *tels que l'inégalité* $L(X + X_0, A) \leqq \varphi(H(X))$ *n'ait pas de solutions entières* X *de hauteur* $H(X)$ *arbitrairement grande. Le même résultat est valable si* $1 \leqq p < n/2$ *pour l'inégalité* $L(X + X_0, A) \leqq \chi(H(X))$ *où* $\chi(t) = \varphi(t)\, t^{-(q-1)/p}$. *En particulier pour toute signature* (p, n), $1 \leqq p < n$, *différente de la signature* $(1, 2)$ *on peut trouver* A *pur et* X_0 *de façon que* $L(X + X_0, A) \leqq H(X)^{\varepsilon - q/p}$ *n'ait pas de solution en* X *entier de hauteur arbitrairement grande pour un* $\varepsilon > 0$ *convenable.*

Pour tout système linéaire L_A et tout $t > 1$ il existe X entier tel que $L(X, A) \leqq t^{-q/p}$, $0 < H(X) \leqq t$, employons dans (4) la valeur de t qui rend son premier membre minimum (valeur qu'on montrera > 1 dans les conditions du calcul). Il vient avec le même renversement de notations que dans le théorème 1.

THÉORÈME 2. — *Soit* L_A *un système linéaire (canonique) arbitraire de signature* (p, n), $1 \leqq p < n$. *Il existe* X_0 *tel que l'inégalité* $L(X + X_0, A) \leqq f(p, n)H(X)^{-q/p}$ *n'ait pas de solution en* X *entier avec* $H(X) \neq 0$, *pour* $f(p, n) = 2(3p)^{-1}(4n)^{-n/p}$.

Les théorèmes 1 et 2 précisent et généralisent des théorèmes connus de Blichfeldt et de Khintchine, *cf* [4].

---

[4] KOKSMA, *Erg. Math.*, 4, 1936, p. 78, th. 6; p. 82, th. 3; p. 86, th. 6.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Critères généraux de compacité dans les espaces vectoriels localement convexes. Pathologie des espaces* ($\mathcal{LF}$). Note (*) de

M. **Alexandre Grothendieck**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

La première partie de cette Note généralise des résultats d'Eberlein et de Krein en indiquant des cas très étendus où, dans un espace localement convexe, la semi-compacité d'un ensemble entraîne la compacité de son enveloppe convexe fermée. La seconde partie annonce l'existence de contre-exemples résolvant des problèmes relatifs aux espaces ($\mathcal{LF}$).

1. Fréquemment, la topologie d'un espace vectoriel localement convexe séparé se définit explicitement comme la moins fine des topologies sur E rendant continues des applications linéaires f_i de E dans des espaces localement convexes séparés F_i [il en est en particulier ainsi pour les espaces usuels de fonctions dérivables, et divers espaces fonctionnels définis par des conditions de croissance à l'infini; *cf.* par exemple ([2])]. E s'identifie alors à un sous-espace du produit vectoriel-topologique $F = \Pi F_i$; cette remarque permet d'établir le critère suivant (grâce au fait que pour une partie *convexe* de F, il revient au même qu'elle soit fermée pour les diverses topologies localement convexes sur F donnant le même dual F′) :

Théorème 1. — *Soit* E *un espace vectoriel*, (f_i) *une famille d'applications de* E *dans des espaces vectoriels localement convexes séparés* F_i, *soit* T (*resp.* T_τ) *la topologie sur* E *la moins fine qui rende continue les* f_i [*resp. quand chaque* F_i *est muni de* $\tau(F_i, F'_i)$ ([1])], *supposons* E *séparé pour* T. *Pour qu'une partie* convexe A *de* E *soit relativement compacte pour* T, *il faut et il suffit que tout* $f_i(A)$ *soit relativement compact dans* F_i *et que l'adhérence de* A *soit complète pour* T_τ.

L'intérêt de ce théorème vient du fait qu'il est moins exigeant *a priori* de supposer une partie de E complète pour T_τ que pour T; en particulier, le théorème s'applique pour les topologies faibles sur les F_i, on a le

Corollaire. — *Sous les conditions précédentes, pour qu'une partie* A *de* E *soit faiblement relativement compacte, il faut et il suffit que les* $f_i(A)$ *le soient, et que l'adhérence de* A *soit complète pour* T_τ. *La proposition* 6 *de* ([3]) *en est un cas particulier.*

Notons maintenant la très facile

Proposition 1. — *La topologie de tout espace localement convexe séparé peut se définir comme ci-dessus, les* F_i *étant des* espaces de Banach.

Si alors E est un espace localement convexe séparé quelconque, de dual E′,

---

(*) Séance du 30 octobre 1950.

([1]) J. Dieudonné et L. Schwartz, *Annales de Grenoble*, 1950.

([2]) L. Schwartz, *Publications de l'Institut Mathématique de Strasbourg*.

([3]) A. Grothendieck, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1561-1563.

appliquons la proposition 1 pour la topologie $\tau(E, E')$, puis le corollaire du théorème 1; en notant que dans le cas des espaces de Banach et leur topologie faible, les résultats qui suivent sont classiques [théorèmes d'Eberlein; *cf.* ([1]) et Krein ([4])], on démontre immédiatement le cas particulier *faible* du

THÉORÈME 2. — *Soit* A *une partie d'un espace localement convexe séparé* E. *Pour que son enveloppe convexe et fermée* (*resp. son enveloppe convexe cerclée et fermée*) C *soit compacte, il faut et il suffit que* A *soit relativement semi-compact, et* C *complète pour* $\tau(E, E')$.

(Par relativement semi-compact, nous entendons : toute suite extraite admet une valeur d'adhérence). Le cas général se déduit facilement du cas faible, en notant que si A est relativement semi-compact, il est précompact (théorème de A. Weil), donc aussi son enveloppe convexe (cerclée) fermée C, de plus C est complète, car elle est faiblement compacte.

COROLLAIRE. — *Soit* E *un espace localement convexe séparé et complet dont toute partie bornée et fermée soit complète* (à fortiori, *il suffit que* E *soit complet*). *Alors, si* A *est une partie faiblement relativement semi-compacte, son enveloppe convexe cerclée fermée est faiblement compacte* (à fortiori, A *est faiblement relativement compact*).

Le théorème 2 sera d'application commode chaque fois qu'on aura besoin d'un critère *dénombrable* de compacité, ou d'un critère de compacité pour une enveloppe convexe, ce qui n'est pas rare [par exemple en théorie ergodique, *cf.* ([5]), et théorie de l'intégrale faible].

2. Signalons seulement ici qu'une simplification d'un important cas *pathologique* construit par G. Köthe nous a permis de l'adapter pour infirmer simultanément, pour des espaces $(\mathcal{LF})$ réflexifs et séparables, les conjectures de 1, 2, 3, 4, 9 et 10 signalées comme ouvertes dans ([1]). Enfin, remarquons qu'un résultat de topologie générale permet d'énoncer le corollaire suivant des propositions 1 et 2 de ([5]) : toute forme linéaire sur E′, uniformément bornée sur les parties bornées, est continue *pour les suites* pour la topologie $\sigma(E', E'')$.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Fonctions presque automorphes inférieures : les presque cycliques et les presque elliptiques.* Note (*) de M. **PAUL MÉTRAL**, présentée par M. Joseph Pérès.

Suivant l'importance que l'on donne à la notion de substitution ou à celle de domaine, on peut construire différentes théories de fonctions presque automorphes : il existe dans cette indétermination une certaine analogie avec celle

([4]) M. KREIN, *C. R. U. R. S. S.*, vol, 14, 1937, p. 5-7.

([5]) F. EBERLEIN, *Transactions of the Amer. Math. Soc.*, 67, n° 1, p. 217-240.

(*) Séance du 23 octobre 1950.

qui se présente dans la théorie de la réduction dans Klein et dans Poincaré ([1]) pour les automorphes. Dans cette première Note, nous nous bornerons aux fonctions correspondant aux automorphes inférieures au sens de Klein ([2]).

Considérons dans le plan usuel (z) des cercles non euclidiens de même centre, non euclidien, et parmi eux un cercle particulier jouant le rôle d'initial C_1; une fonction $f(z)$, soumise aux restrictions usuelles pour les automorphes (uniforme, sans autres singularités que des pôles, etc.) sera dite *presque cyclique* si à tout ε positif donné, correspond une substitution Σ transformant les cercles C en cercles de même centre n.e., telle que entre un cercle C quelconque et son transformé C′ existe toujours un cercle de la même famille, déduit de C_1 par une certaine substitution S telle que *quel que soit* z, on ait

$$|f(\mathrm{S}z)-f(z)|<\varepsilon.$$

Naturellement ces substitutions S ne forment pas un groupe. Il est aussi inutile d'insister sur l'influence d'une substitution homographique quelconque.

Cette définition permet de retrouver les propriétés élémentaires des presque périodiques, des p. l. du domaine réel ([3]). Par exemple, à tout z correspond un Z dans la couronne (C_1, ΣC_1) tel que $|f(Z)-f(z)|<\varepsilon$; la continuité subsiste, soit que l'on prenne ce mot au sens de la théorie des fuchsiennes où le passage par l'infini ne compte pas pour une discontinuité, soit que plutôt on utilise la continuité sphérique. On peut même envisager une normalité en se plaçant à ce dernier point de vue.

Convenons pour abréger de dire qu'une substitution T est entre S′ et S″ si le cercle déduit de C_1 par T est entre les deux autres transformés. Il existe alors un ensemble de puissances d'une T parmi les S relatives à 2ε, et dans tout intervalle (U, $U\Sigma T^2$) existe une telle puissance de T.

D'où, en suivant la même marche que pour les presque périodiques de variable réelle, l'existence pour un nombre quelconque de fonctions p. c. d'une Σ' telle que dans (C, $\Sigma' C$) existe une substitution commune et par suite le fait que la somme d'un nombre quelconque fini de p. c. est une p. c. L'application aux cycliques elles-mêmes est évidente.

Si l'on se borne aux fonctions n'ayant que des pôles simples, on a un théorème de *moyenne* : soit S_n la surface non euclidienne du cercle $T^n C_1$, l'expression

$$\frac{1}{S_n}\iint_{C_1}^{T^n C_1} f(z)\,dS,$$

([1]) *Acta*, 4; KLEIN, *Fonctions Automorphes*, 2, p. 408.

([2]) 2, p. 22.

([3]) Pour les *p. p.*, FAVARD, *Leçons sur les presque périodiques*, Paris, 1933. En ce qui concerne les *p. l.*, MÉTRAL, *Thèse; Comptes rendus*, 227 et 228. Dans la Note du tome 227, p. 752, *lire* LT, *au lieu de* T à la ligne 14.

où dS représente l'élément de surface non euclidienne, a une limite ; il est naturel d'énoncer les résultats en non euclidienne pour l'application ultérieure aux presque fuchsiennes. On peut étudier les fonctions à pôles multiples par une transformation analogue à celle employée pour les automorphes ([4]).

On définirait de même les presque elliptiques en utilisant la famille des parallélogrammes déduits d'un initial par des translations arbitraires.

Un parallélogramme sera considéré comme compris entre deux autres si les coordonnées de son centre sont intermédiaires. Une fonction uniforme, sans autres singularités que des pôles, sera dite presque elliptique, si à tout ε positif correspond une substitution Σ telle que entre deux parallélogrammes quelconques (P, ΣP) existe un P' déduit de l'initial par une S, telle que pour tout z,

$$|f(Sz)-f(z)|<\varepsilon.$$

On a encore les propriétés élémentaires des fonctions presque périodiques.

TOPOLOGIE. — *Impossibilité de fibrer une sphère par un produit de sphères.* Note de M. **Armand Borel**, présentée par M. Paul Montel.

Cette impossibilité résulte du théorème 2 : des cas particuliers ont déjà été obtenus par B. Eckmann, H. Samelson, G. W. Whitehead ([1]) et par G. Hirsch (non publié). Le point essentiel est ici le théorème 1, qui a également des applications dans l'étude de la transgression dans les espaces fibrés principaux; elles seront indiquées dans une Note ultérieure sur la torsion de certains groupes et espaces homogènes. Le n° 4 complète une Note antérieure ([2]).

1. *Définitions et notations.* — K désigne un corps, $H(X, K)$ l'algèbre de cohomologie de Čech à coefficients dans K de l'espace compact X, S_m une sphère à m dimensions. Deux anneaux A_1, A_2 gradués par des sous-groupes A_1^i, A_2^i sont dits isomorphes jusqu'à n s'il existe un isomorphisme de A_1^i sur A_2^i ($i \leqq n$) compatible avec le produit d'éléments dont la somme des degrés est $\leqq n$.

F et B seront la fibre, supposée connexe, et la base d'une fibration localement triviale de l'espace compact connexe E. On admettra de plus que le terme H_2 de l'anneau spectral ([3]) de la projection de E sur B est égal à $H(B, K) \otimes H(F, K)$ ([4]). Rappelons que cet anneau spectral est formé d'une suite d'anneaux bigradués $H_2, \ldots, H_i, \ldots$ H_{i+1} étant l'anneau de cohomologie de H_i pour une différentielle ∂_i; si par exemple $H(F, K)$ est de dimension

([4]) Fatou, *Leçons sur la théorie des fonctions algébriques* d'Appell et Goursat, 2, Paris, 1930, p. 242.

([1]) *Bull. Am. Math. Soc.*, 55, 1949, p. 433-438.

([2]) A. Borel et J.-P. Serre, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 2258-2260.

([3]) J. Leray, *Jour. Math. pur. appl.*, 29, 1950, p. 1-139.

([4]) C'est par exemple le cas si B est simplement connexe et localement connexe par arc.

finie, les anneaux sont égaux entre eux à partir d'un certain indice et ont même polynome de Poincaré que H(E, K).

2. Théorème 1. — *Supposons que* $H(F, K) \cong H(S_{m_1} \times \ldots \times S_{m_s}, K)$, *les* m_i *étant impairs, et que* H(E, K) *soit trivial jusqu'à une dimension* n [5] $(n \geq m_1 + \ldots + m_s)$; *alors :*

a. H(B, K) *est isomorphe jusqu'à* n *à l'anneau des polynomes* $K[q_1, \ldots, q_s]$ *à* s *variables de degrés* $(m_1+1), \ldots, (m_s+1)$.

b. On peut trouver s *éléments* $p_1, \ldots, p_s$ *de* H(F, K) *qui, avec l'unité, engendrent* H(F, K) *tels que* $\delta_r(1 \otimes p_i) = 0$ *pour* $r < m_i$ *et que*

$$\delta_{m_i}(1 \otimes p_i) = q_i \otimes 1 \qquad (i = 1, \ldots, s).$$

b. n'interviendra pas ici. La démonstration du théorème 1 consiste en une étude de l'anneau spectral de la projection de E sur B; nous aurons encore besoin du complément suivant :

Soient $H(F, K) \cong H(S_{m_1} \times \ldots \times S_{m_s}, K)$, H(E, K) *trivial jusqu'à une dimension* $n \geq m_1 + \ldots + m_s$. *Si* K *est de caractéristique* $\neq 2$, *les* m_i *sont forcément impairs* [6].

3. Les hypothèses du n° 1 et du théorème 2 sont évidemment vérifiées dans le cas d'une fibration localement triviale de S_n par un produit de sphères [et (A) ci-dessous est aussi évident].

Théorème 2. — *Soient* $H(F, K) \cong H(S_{m_1} \times \ldots \times S_{m_s}, K)$, $H(E, K) = H(S_n, K)$, *la base* B *étant de dimension finie.*

Si K *est de caractéristique* $\neq 2$, *alors* $s = 1$ *et* m_1 *est impair; cela est aussi vrai pour* K *de caractéristique* 2 *si l'on suppose les* m_i *impairs.*

Démonstration. — Posons $p = m_1 + \ldots + m_s$; soit h un élément de degré total maximum de $H_1 = H(B, K) \otimes H(B, F)$; c'est un cocycle pour les différentielles δ_i qui augmentent ce degré total; d'autre part il ne peut être un un cobord puisque δ_r augmente le degré filtrant de r; h a donc une image non nulle dans l'anneau terminal, qui est ici égal à $H(S_n, K)$, par conséquent

$$\text{(A)}\ n \geq p, \qquad H^{n-p}(B, K) = K, \qquad H^i(B, K) = 0 \quad \text{pour} \quad i > n - p.$$

D'après le complément au théorème 1, on peut se borner au cas où les m_i sont impairs; supposons $m_1 \leq m_2 \leq \ldots \leq m_s$; nous distinguons deux cas :

1° $m_1 \geq 3$. Si $s \geq 2$, (A) donne $H^i(B, K) = 0$ pour $n - 2m_1 < i \leq n - 1$, en contradiction avec le théorème 1, qui affirme que $H^i(B, K) \neq 0$ si i est un multiple de $m_1 + 1$ inférieur à n. Même raisonnement si $m_1 = 1$, $p \geq 3$.

2° il reste à éliminer le cas $s = 2$, $m_1 = m_2 = 1$. C'est immédiat si n est impair, car alors $H^{n-1}(B, K) \neq 0$ d'après le théorème 1 et $H^{n-1}(B, K) = 0$ d'après (A). Si maintenant n est pair, le théorème 1 montre que $H^{n-2}(B, K)$ est de

---

[5] Cela signifie : $H^0(E, K) = K$, $H^i(E, K) = 0$ $(0 < i \leq n)$.

[6] Sauf évidemment si $s = 1$, $n = m_1$.

dimension 2 au moins, ce qui contredit de nouveau (A). [On a bien $n-2>0$, car sinon $H(E, K)=H(F, K)$, ce qui est absurde.]

4. A la suite d'une communication de J. Leray nous avons remarqué, J.-P. Serre et moi, que dans le cas d'une fibre connexe le théorème démontré dans la Note ([2]) se laissait généraliser par le :

THÉORÈME 3. — *Soient* F *connexe et* B *la fibre et la base d'une fibration localement triviale de l'espace euclidien* R^n.

Alors F *et* B *ont pour la cohomologie à supports compacts et à coefficients dans un corps quelconque les polynomes de Poincaré* t^p, *resp.* t^q $(p+q=n)$, *c'est-à-dire les polynomes de Poincaré de* R^p *et* R^q.

COROLLAIRE 1. — *Si la fibre est compacte, elle est réduite à un point.*

COROLLAIRE 2. — *Si la base est compacte, elle est réduite à un point.*

Démonstration. — Le raisonnement du n° 3 de ([2]) montre qu'un cocycle de de degré total minimum de $H(B)\otimes H(F)$ a une image non nulle dans l'anneau terminal. Nous avons vu d'autre part au n° 3 ci-dessus qu'un élément de degré total maximum avait aussi une image non nulle dans l'anneau terminal, d'où le théorème puisque le polynome de Poincaré de l'anneau terminal est t^n.

AÉROTECHNIQUE. — *Nouvelles méthodes de mesure pour l'anémomètre à fil chaud.* Note (*) de M. **GOTTFRIED DÄTWYLER**, présentée par M. Théodore de Kármán.

a. On fait la mesure de la turbulence u' avec au moins deux valeurs du courant de chauffage I de la sonde, pour quelques valeurs de la constante de temps M de l'amplificateur.

Il faut déterminer sur les courbes $u'(I, M)$, les points qui correspondent en M. Pour cela la simple relation

$$M_I = \text{prop}\, R_I$$

peut être utilisée. Elle résulte de l'équation linéaire de King

$$I^2 R = \text{const.}(R - R_a),$$

et de l'expression pour la constante de temps

$$M = \text{const.}\,\frac{(R - R_a)}{I^2},$$

où R_a = résistance du fil froid dans le vent. Donc $M_n/M_I = R_n/R_I$.

On trace une ligne à travers les points coordonnés en abscisse M(R) des courbes $u'(I, M)$.

Les points avec la vraie valeur de u' et les valeurs correctes de M sont situés sur la *ligne horizontale* donnée par

$$u'(I, M) = \text{const}$$

(*) Séance du 23 octobre 1950.

b. La constante de temps M peut être déterminée avec du courant alternatif superposé i, de la fréquence $f = \omega/2\pi$, sans montage en pont du fil chaud, au moyen du lieu géométrique de la tension produite au fil chaud par le courant i, soit

$$e = e_1 + e_2 = \mathrm{R}i + \mathrm{I}r(\omega\mathrm{M}).$$

La composante $e_1 = \mathrm{R}i$ est en phase avec le courant alternatif i, tandis que la composante $e_2 = \mathrm{I}r(\omega\mathrm{M})$ est distordue en amplitude et en phase en rapport à la valeur $e_2(0) = \mathrm{I}r(0)$, soit

$$\frac{r(\omega\mathrm{M})}{r(0)} = \frac{1}{1 + j\omega\mathrm{M}}, \quad \text{où} \quad j = \sqrt{-1}, \quad \text{et} \quad r(0) = \frac{\partial \mathrm{R}}{\partial \mathrm{I}}\,i.$$

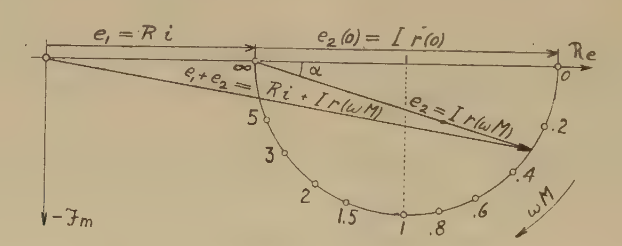
La composante réelle et la composante imaginaire

$$x = \frac{1}{1 + (\omega\mathrm{M})^2}; \qquad y = -\frac{\omega\mathrm{M}}{1 + (\omega\mathrm{M})^2}$$

avec leur quotient $(y/x)^2 = (\omega\mathrm{M})^2$ fournissent la relation

$$x^2 - x + y^2 = 0, \qquad \text{ou} \qquad \left(x - \frac{1}{2}\right)^2 + y^2 = \left(\frac{1}{2}\right)^2,$$

donc un cercle par les points (0, 0) et (1, 0) avec le diamètre 1, dont la moitié négative représente le lieu géométrique des points $[r(\omega\mathrm{M})/r(0)]$. Sur la périphérie du demi-cercle le paramètre $(\omega\mathrm{M})$ varie de la valeur zéro dans le point (1, 0) à la valeur infinie dans l'origine.



La figure montre le lieu géométrique de la composante $e_2 = \mathrm{I}r(\omega\mathrm{M})$ qui est proportionnelle au quotient $[r(\omega\mathrm{M})/r(0)]$, en combinaison avec la composante $e_1 = \mathrm{R}i$, donc le lieu géométrique de la tension $e = e_1 + e_2$. Le rapport $|e_2(0)/e_1|$ est donné comme

$$\left|\frac{e_2(0)}{e_1}\right| = \frac{\mathrm{I}r(0)}{\mathrm{R}i} = \frac{\mathrm{I}}{\mathrm{R}} \cdot \frac{\partial \mathrm{R}}{\partial \mathrm{I}}.$$

L'angle α suit de la relation $\operatorname{tg}\alpha = \omega\mathrm{M}$.

Des mesures avec courant continu I fournissent les valeurs $\mathrm{R} = \mathrm{E}/\mathrm{I}$ et $\mathrm{I}(\partial\mathrm{R}/\partial\mathrm{I})$. Le point d'intersection avec le lieu géométrique du rayon $\{\mathrm{R} + \mathrm{I}(\partial\mathrm{R}/\partial\mathrm{I})/\sqrt{1 + (\omega\mathrm{M})^2}\}$ qui est déterminé par une mesure avec courant alternatif i, indique la valeur $(\omega\mathrm{M})$ et la constante de temps M.

c. Avec des appareils fournissant du courant alternatif superposé i et ayant un montage en pont du fil chaud, il est possible d'exploiter ces installations

beaucoup plus qu'à la seule détermination expérimentale de la constante de temps M. Plutôt, on peut obtenir l'indication presque directe de la turbulence u'. Le procédé est basé sur l'équation

$$\frac{dU}{U} = -\frac{4}{1-\left(\frac{I_0}{I}\right)^2}\frac{dI}{I},$$

dérivée de l'équation quadratique de King ou même d'une équation généralisée telle que

$$I^2 R = \sum_{\nu=1}^{\mu} (a_\nu + b_\nu \sqrt{U})(R - R_a)^\nu.$$

Le procédé de mesure est le suivant. D'abord, avec le pont balancé, la constante de temps est mesurée. Ensuite, on détermine la dérivation causée par la turbulence, de l'instrument à indication quadratique à la sortie de l'amplificateur. Puis le courant alternatif i est superposé au courant continu I de façon à doubler la déviation de l'instrument de sortie. L'intensité de la turbulence u' est alors calculée de l'équation

$$u' = -\frac{4}{1-\left(\frac{I_0}{I}\right)^2}\frac{i}{I},$$

dans laquelle les différentielles ont été remplacées par des petites valeurs efficaces. L'addition linéaire, c'est-à-dire le redoublement de la déviation de l'instrument est basée sur le fait qu'il n'y pas de corrélation entre le courant alternatif superposé et les fluctuations aléatoires de l'écoulement.

ASTROPHYSIQUE. — *L'inversion de la relation de Laplace.*
Note (*) de M. **Jean-Claude Pecker**, présentée par M. André Danjon.

Durant ces dernières années, on a tenté, à la suite de R. Lundblad, de déduire un modèle solaire des mesures monochromatiques d'assombrissement. En effet, en un point du disque solaire caractérisé par la valeur de $\mu = \cos\theta$ (cosinus de l'angle des rayons lumineux avec la normale à la surface solaire), l'intensité $I(0, \mu)$ est liée à la fonction source inconnue $B_\lambda(\tau)$ par l'équation intégrale

$$I_\lambda(0, \mu) = \int_0^\infty B_\lambda(\tau)\, e^{-\frac{\tau}{\mu}}\frac{d\tau}{\mu}$$

(où τ représente la profondeur optique).

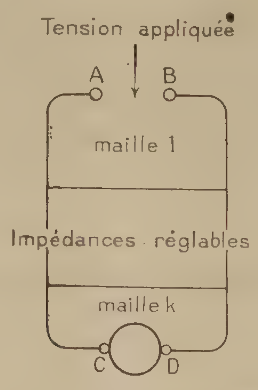
(*) Séance du 23 octobre 1950.

Les méthodes utilisées jusqu'ici pour résoudre cette équation intégrale et pour calculer $B(\tau)$ sont des méthodes approchées de calcul numérique : évaluation de B comme somme de fonctions simples affectées de coefficients arbitraires que l'on détermine au moyen d'une méthode de moindres carrés (Lundblad, Chalonge-Kourganoff, Barbier, Busbridge, etc.); utilisation d'une formule d'intégration approchée (Reiz, Plaskett). Mais ces méthodes, d'une utilisation pratique, ont des défauts d'ordre mathématique assez graves : les accidents de $B(\tau)$ ne peuvent être aisément décelés; la souplesse des fonctions représentatives est insuffisante si l'on utilise trop peu de coefficients numériques; la solution est indéterminée si on en utilise trop.

Le matériel fourni par l'observation, au bord du disque d'une part, d'autre part au centre, où l'intensité *absolue* est mal connue, est si insuffisant qu'il importe d'en tirer le maximum, en utilisant des méthodes correctes de résolution de l'équation, c'est-à-dire d'inversion de la relation de Laplace.

Il semble que le meilleur moyen d'opérer une telle inversion soit l'utilisation d'un appareil automatique. Le schéma suivant peut alors servir de base à la construction d'un tel appareil.

Considérons un circuit électrique comprenant des résistances, selfs, capacité, etc., où l'on peut introduire entre deux points A et B une tension connue et entre deux autres points C et D mesurer l'intensité et ses variations, même rapides en fonction du temps (oscillographe cathodique).



Supposons que nous ayons appliqué entre A et B la force électromotrice sinusoïdale (dans la maille 1)

$$E_1 = e^{j\omega t}$$

(j étant le symbole des imaginaires).

Le courant que l'on mesure entre C et D est

$$i(t) = \frac{e^{j\omega t}}{Z_{k1}(j\omega)} \qquad \text{(dans la maille } k\text{)}.$$

Z_{k1} étant l'*impédance de transfert* de la maille 1 à la maille k pour la pulsation ω.

L'admettance indicielle A_{k1} de la maille k par rapport à la maille l est définie [1] comme l'intensité du courant dans la maille k, si l'on applique au temps $t = 0$ la force électromotrice unité entre A et B.

La connaissance de $Z_{k1}(j\omega)$ permettra celle de $A_{k1}(t)$. Or, on sait [2] que l'on a

$$\frac{1}{Z_{k1}(j\omega)} = j\omega \int_0^\infty A_{k1}\, e^{-j\omega t}\, dt.$$

Si l'on fait correspondre les grandeurs électriques

$$Z_{k1}(j\omega), \quad j\omega, \quad A_{k1}(t)$$

aux grandeurs qui interviennent dans le problème de l'assombrissement,

$$\frac{1}{I(0, \mu)}, \quad \frac{1}{\mu}, \quad B(\tau),$$

nous pourrons donc déduire $B(\tau)$ de $A_{k_1}(t)$:

Il suffira d'appliquer entre A et B la tension $E = e^{t/\mu}$ et de régler les capacités variables des circuits de façon que

$$i(t, \mu) = \frac{e^{\frac{t}{\mu}}}{Z\left(\frac{1}{\mu}\right)} = e^{\frac{t}{\mu}} I(0, \mu).$$

On appliquera ensuite entre A et B une tension *créneau* et l'intensité mesurée donnera la fonction $B(\tau)$ cherchée.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *La transposition dans l'espace des moments en théorie des collisions.* Note (*) de M. Guy Rideau, présentée par M. Louis de Broglie.

On propose ici d'effectuer la transposition habituelle dans l'espace des moments en utilisant une écriture particulière de l'équation de Schrödinger. Ceci met en évidence la nécessité d'ajouter un second membre à l'équation intégrale usuellement obtenue.

1. La solution générale, devant satisfaire à certaines conditions aux limites, de $LF(x, y, z) = R(x, y, z)$, où L est un opérateur de la Mécanique ondulatoire non relativiste, s'écrit, comme il est bien connu [1],

$$F(r) = F^0(r) + \int K(r, r')\, R(r')\, dr',$$

---

(1) Carson, *Electrical Circuit Theory and the operationel Calculus*, New-York, 1926.

(2) G. et R. Julia, *Bull. Soc. fr. Électriciens*, 1936, n° 70; Herreng, *Les Applications du calcul opérationnel*, Chap. V, Paris.

(*) Séance du 23 octobre 1950.

(1) *Cf.* Mott et Massey, *Theory of Atomic Collisions*.

où $F^0(r)$ est la solution la plus générale de $LF(x, y, z) = 0$, soumise aux conditions aux limites données et où l'expression de $K(r, r')$ dépend essentiellement des dites conditions.

Si maintenant on considère l'équation $L\Psi(r) = U(r)\Psi(r)$, il est naturel de déterminer sa solution la plus générale vérifiant certaines conditions aux limites sous la forme

$$\Psi(r) = \Psi^0(r) + \int K(r, r')\, U(r')\, \Psi(r')\, dr', \tag{I}$$

où $\Psi^0(r)$ a la même signification que celle de $F^0(r)$ employée plus haut.

Le problème que nous envisageons est la détermination du coefficient de Fourier de $\Psi(r)$ à partir de (I). Nous posons

$$\Psi(r) = (2\pi)^{-\frac{3}{2}} \int \varphi(u) \exp(-iu\,r)\, du, \qquad \varphi(u) = (2\pi)^{-\frac{3}{2}} \int \Psi(r) \exp(iu\,r)\, dr.$$

$$k(u, r') = (2\pi)^{-\frac{3}{2}} \int K(r, r') \exp(iu\,r)\, dr, \qquad k(u, r')\, U(r') = (2\pi)^{-\frac{3}{2}} \int \varepsilon(u, v)\, e^{-ivr}\, dr,$$

Nous multiplions (I) par $(2\pi)^{-(3/2)} \exp(iu\,r)$ et nous intégrons dans tout l'espace. Il vient alors

$$\varphi(u) = \varphi^0(u) + (2\pi)^{-\frac{3}{2}} \int \varepsilon(u, -v)\, \varphi(v)\, dv. \tag{I'}$$

2. Prenons $L = \Delta + k^2$, c'est-à-dire le cas de l'équation de Schrödinger. Si nous voulons des solutions partout finies, il faut introduire le noyau

$$K(r, r') = -(4\pi)^{-1} |r - r'|^{-1} \exp(ik|r - r'|) \quad (^2).$$

La première quantité à calculer est $k(u, r')$. Nous avons, en posant $r = r' + \rho$,

$$k(u, r') = -(2\pi)^{-\frac{3}{2}} (4\pi)^{-1} \exp iu\,r' \int |\rho|^{-1} \exp ik|\rho| \exp iu\,\rho\, d\rho.$$

Le calcul de $k(u, r')$ se ramène à la détermination du coefficient de Fourier relatif à u de $-(4\pi)^{-1} r^{-1} \exp ikr$. Cette fonction vérifiant l'équation $(\Delta + k^2)\Psi(r) = \delta(r)$, c'est sur elle que nous ferons le passage aux intégrales de Fourier, ce qui donne finalement

$$k(u, r') = (2\pi)^{-\frac{3}{2}} (k^2 - |u|^2)^{-1} \exp(iu\,r').$$

En tenant compte de l'expression de $\Psi(r)$ et après avoir posé

$$U(r') = (2\pi)^{-\frac{3}{2}} \int \varepsilon(v) \exp(-iv\,r')\, dv$$

---

(2) *Cf.* Louis de Broglie, *De la Mécanique ondulatoire à la théorie du Noyau*, t. III; Mott et Massey, *loc. cit.*

on trouve pour l'équation correspondant à (I')

$$\text{(II)}\qquad \varphi(u)=\varphi^0(u)+(2\pi)^{-\frac{3}{2}}(k^2-|u|^2)^{-1}\int\varepsilon(u-v)\,\varphi(v)\,dv.$$

3. On sait que la détermination de $\Psi(r)$ par une équation intégrale est particulièrement adaptée au problème que se pose la théorie des collisions. L'onde plane incidente est en effet en évidence dans une équation de la forme (I) : c'est $\Psi^0(r)$, solution de l'équation non perturbée. L'intégrale donne par suite la modification due à l'action de $U(r)$. Les divers ordres d'approximation sont donnés par les noyaux itérés. Mais l'équation (II) se résout plus rapidement que (I) par suite de la forme très simple de la quantité $\varphi^0(u)$

$$\varphi^0(u)=(2\pi)^{\frac{3}{2}}\,\delta(k+u),$$

k étant le vecteur de propagation de l'onde plane. Si $\Gamma(u, v)$ est le noyau résolvant de l'équation (II), la solution $\varphi(u)$ de (II) est

$$\varphi(u)=\varphi^0(u)+(2\pi)^{+\frac{3}{2}}\int\Gamma(u, v)\,\delta(k+v)\,dv=\varphi^0(u)+(2\pi)^{+\frac{3}{2}}\Gamma(u, -k).$$

Nous obtenons ainsi directement tous les ordres possibles d'approximation, en particulier le premier obtenu sans calcul. On conçoit que pour certains potentiels $U(r)$ dont les coefficients de Fourier seraient simples, il soit plus commode de considérer l'équation (II).

4. La méthode habituelle de transposition dans l'espace des moments est d'opérer directement sur l'équation aux dérivées partielles donnant $\Psi(r)$; avec cette méthode nous obtenons l'équation intégrale

$$(k^2-|u|^2)\,\varphi(u)=(2\pi)^{-\frac{3}{2}}\int\varepsilon(u-v)\,\varphi(v)\,dv,$$

et le $\Psi(r)$ correspondant sera alors déterminé par l'équation intégrale

$$\Psi(r)=-(4\pi)^{-1}\int|r-r'|^{-1}\exp ik|r-r'|\,U(r')\,\Psi(r')\,dr'.$$

La transformation de Fourier ne nous a donné cette fois que le coefficient correspondant à une solution particulière de l'équation de Schrödinger. Il y a là une propriété générale : la transposition de Fourier d'une équation aux dérivées partielles ne fait généralement apparaître qu'une solution particulière, la transposition ne peut retenir cette partie des solutions vérifiant l'équation sans second membre dont l'existence est assurée par la théorie des équations aux dérivées partielles. Nous avons la règle : soit $L\Psi=U\Psi$ une équation linéaire; on effectue directement la transposition sur cette équation et à l'équation intégrale obtenue on ajoute un second membre correspondant à une solution de $L\Psi=0$.

THERMODYNAMIQUE. — *Discontinuités dans les propriétés de la matière en fonction de la température.* Note (*) de MM. **Georges Antonoff, Anton Urmanczy** et **Alexis Yakimac**, présentée par M. de Maurice de Broglie.

Antonoff a montré ([1]), ([2]), ([3]), ([4]) que les propriétés des liquides changent avec la température en faisant apparaître des points anguleux à certains endroits. Pour éviter l'objection que ces effets pourraient dépendre des conditions de l'expérience, Antonoff a inventé une technique spéciale pour mesurer les densités aux basses températures avec une précision telle que l'existence de points anguleux pour tous les liquides a pu être mise en évidence avec certitude.

Un travail d'Antonoff et de Conan ([5]) a montré qu'il existe pour l'eau un point anguleux à environ 50°C. Nous avons poursuivi des recherches sur l'eau et sur diverses autres substances dans une large gamme de températures allant jusqu'au point critique. Urmanczy a établi la formule suivante :

$$\log p = B - \frac{A}{T - t}, \qquad (1)$$

où p est la pression de la vapeur, T la température absolue, B une constante universelle et A et t des constantes valables pour une substance donnée entre deux points anguleux; il a aussi montré que la viscosité η est reliée à p par la relation

$$\eta = C - \frac{D}{\sqrt{p}}. \qquad (2)$$

Ces deux formules sont en accord parfait avec les données expérimentales.

Un premier ensemble de résultats concernant les tensions de vapeur, met en évidence pour l'eau six points anguleux correspondant aux températures centigrades de —40°,25, 0°,64, 51°,14, 124°,34, 205°,44, 290°,64. On retrouve ainsi le point à 50° C trouvé par Antonoff au moyen des mesures directes de densité.

Une autre série de mesures illustre l'équation (2) et confirme ce même résultat. Pour le benzène, on a trouvé des résultats analogues. Pour CO^2 dont

---

(*) Séance du 25 septembre 1950.

([1]) *Zeit. Phys. Chem.*, **112**, 1924, p. 461.

([2]) *Phil. Mag.*, **1**, 1924, p. 265.

([3]) *Réunion Internationale de Chimie Physique*, Paris, 1928, p. 274.

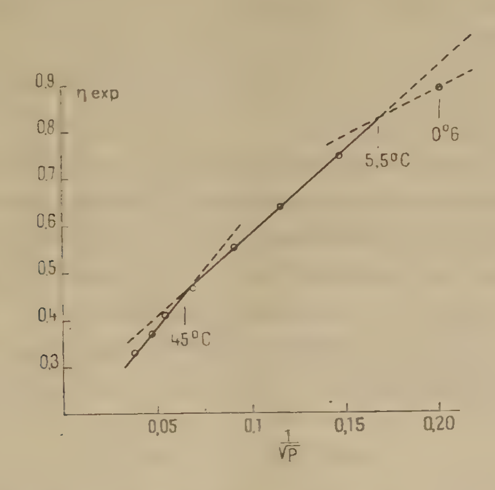
([4]) *J. Phys. Chem.*, **36**, 1932, p. 2406.

([5]) G. Antonoff and R. J. Conan, *Science*, **109**, 1949, p. 255; *Zeit. Naturforschung*, 4 *a*, 1949, p. 156.

la tension de vapeur a été étudiée en fonction de la température, on a trouvé trois points anguleux à — 115°,36, — 54°,54 et — 9°,23 C.

Yakimac a également étudié plusieurs autres substances avec des résultats analogues et a trouvé ces phénomènes dans toutes les substances sans exception.

Antérieurement, ces points anguleux étaient signalés principalement pour les liquides, tandis que d'après les formules de Urmanczy le phénomène paraît tout à fait général, et comprend aussi l'état solide et gazeux. On a observé antérieurement des points anguleux dans quelques solides, mais comme un phénomène isolé (6).



Enfin la figure ci-dessus représente la variation de la viscosité η du benzène en fonction de $1/\sqrt{p}$; on y voit trois lignes droites se croisant aux points anguleux.

Antonoff (7) a interprété tous ces faits par sa théorie de l'agrégation moléculaire qui se produit en plusieurs stades quand la température décroît à partir de la température critique.

ÉLECTRICITÉ. — *Le balayage électrique des brouillards.* Note (*) de MM. **Marcel Pauthenier** et **Nadi Loutfoullah**, présentée par M. Aimé Cotton.

L'un de nous (1) a montré par un calcul approché la possibilité de condenser électriquement des atmosphères brumeuses (nuages ou brouillards

(6) W. R. Ham, *Trans. Amer. Soc. of Metals*, 1937, p. 536.
(7) *Colloid Chemistry, Theoretical and Applied*, New-York, 1950, vol. VII, p. 83.

(*) Séance du 30 octobre 1950.
(1) M. Pauthenier, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 142.

par exemple) et de premières expériences dans une tour à brouillards ont confirmé (²) les prévisions du calcul.

Il nous a paru utile de faire un calcul complet du balayage électrique produit par une particule sphérique électrisée O (charge q_0, rayon R, masse spécifique μ) qui tombe verticalement dans un brouillard neutre de particules telles que P (rayon r notablement plus petit que R, masse spécifique ϖ).

Les forces qui interviennent sont la pesanteur, le frottement de viscosité de l'air (coefficient η), la force attractive centrale f agissant sur le doublet P à la distance ρ de O.

En supposant (pour simplifier l'écriture) le pouvoir inducteur spécifique de P élevé (¹), on sait que

$$f = 2\frac{q_0^2}{\rho^5}r^3.$$

Dans tous les cas, la chute de la particule O aura pour effet de rapprocher la particule P (qui tombe moins vite que O) de la verticale Ox; mais on prévoit que si la distance initiale de P à la verticale est inférieure à une certaine valeur d elle sera captée; c'est cette grandeur qu'on peut appeler *rayon de balayage électrique* de la sphérule tombante.

Nous supposons provisoirement la hauteur de chute assez petite pour qu'on puisse négliger le grossissement de la particule électrisée par annexion de particules neutres.

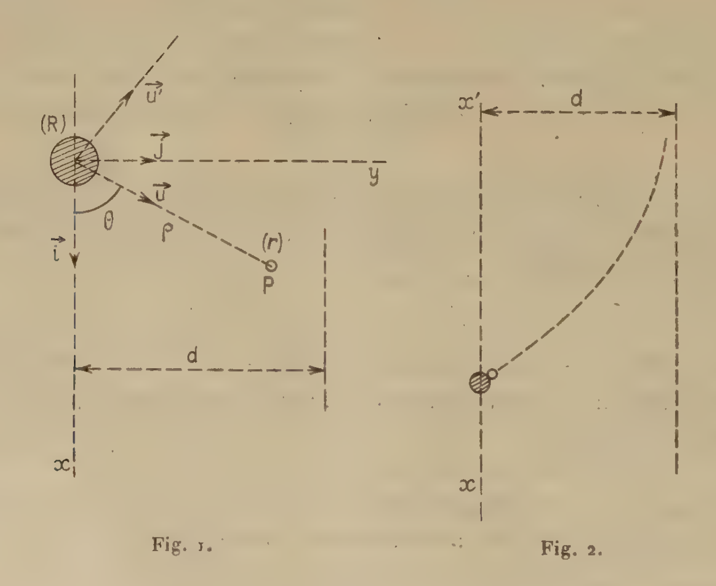


Fig. 1. Fig. 2.

A l'aide des vecteurs unité $\vec{i}$, $\vec{u}$, $\vec{j}$ et $\vec{u'}$ perpendiculaire à $\vec{u}$, on peut mettre le problème en équation (*fig.* 1).

(²) M. PAUTHENIER, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 587.

Dans le plan mobile xOy lié à (O), si l'on pose

$$a = 2q_0^2 r^3, \qquad b = 6\pi\eta r, \qquad \alpha = \frac{4}{3}\pi r g(\varpi r^2 - \mu R^2).$$

On a, en supposant valable la loi de Stokes, l'équation

$$-a\frac{\vec{\rho}}{\rho^6} - b\frac{d\vec{\rho}}{dt} + \alpha\vec{i} = 0, \qquad \text{où} \quad \vec{\rho} = \rho\vec{u};$$

$$\frac{d\vec{\rho}}{dt} = \frac{d\rho}{dt}\vec{u} + \rho\frac{d\theta}{dt}\vec{u}',$$

$$\vec{i} = \vec{u}\cos\theta - \vec{u}'\sin\theta.$$

En intégrant, on trouve finalement

$$\rho^5 = \frac{1}{\sin^5\theta}\left[d^5 + \frac{5a}{\alpha}\left(\frac{3}{8}\theta - \frac{3}{8}\sin\theta\cos\theta - \frac{1}{4}\sin^3\theta\cos\theta\right)\right].$$

La discussion montre qu'il y a rencontre si la distance initiale de P à la verticale xx' est inférieure à une distance

$$d = \left[\frac{45}{16g}\,\frac{q_0^2}{\mu\frac{R^2}{r^2} - \varpi}\right]^{\frac{1}{5}} \quad (\textit{fig. } 2).$$

A titre de vérification, nous remarquerons que si $\mu = \varpi$ et $R = r$ (sphérules tombant d'un même mouvement) d serait infini.

Le *gain* du balayage électrique sur le balayage géométrique apparaît comme ayant la valeur

$$\gamma = \frac{\pi d^2}{\pi R^2}.$$

Exemple numérique :

$$R = 1,5.10^{-3}\ \text{cm}, \qquad r = 5.10^{-4}\ \text{cm},$$

$$\mu = \varpi = 1, \qquad q_0 = 4.10^{-4}\ \text{u. e. s. c. g. s.} \qquad \text{(expériences récentes)}.$$

Pour reprendre un exemple cité ([1]), supposons d'abord qu'on veuille supprimer la fraction $\lambda = 1 - e^{-1}$ (soit environ les 2/3) d'un brouillard répandu sur une surface S en l'arrosant de gouttelettes *neutres* de rayon R ayant une section totale de balayage égale à S : il faut arroser S avec un nombre $S/\pi R^2$ particules de masse $M = (4/3)\mu SR$.

Dans l'exemple choisi ($R = 1,5.10^{-3}$ cm) il faudrait ainsi $M = 20\ \text{t/km}^2$. En *électrisant* les particules, la masse divisée à répandre tombe à 550 Kg/km².

Remarques. — I. La comparaison numérique précédente est encore très défavorable pour la captation électrique, car, pour des raisons de mécanique des fluides ([3]), le balayage géométrique dû à des sphérules neutres de 15^{μ} de

([3]) LANGMUIR, *Gen. Elect. Res. Laborat.*, 1948.

rayon est négligeable; on n'atteint un coefficient de captation s'approchant de l'unité que pour $R > 100^{\mu}$, ce qui imposerait un arrosage de gouttelettes neutres consommant plus de 130 tonnes d'eau au kilomètre carré.

II. Pour des couches épaisses de brouillards, et éventuellement de nuages, il faut tenir compte de la croissance de R avec la chute.

MAGNÉTISME. — *Sur le comportement magnétique du cuivre en solution solide dans le cobalt et l'alliage* FeNi. Note de MM. **André J.-P. Meyer** et **Pierre Taglang**, présentée par M. Aimé Cotton.

On a mesuré les moments magnétiques absolus et points de Curie des solutions solides ferromagnétiques du cuivre dans le cobalt et l'alliage FeNi au moyen des installations de mesure du Laboratoire de Magnétisme de Strasbourg. On note le comportement anormal du cuivre en solution solide dans le cobalt.

Les propriétés magnétiques des solutions solides de cuivre dans le nickel sont bien connues grâce aux travaux d'Alder (1), Sadron (2) et Marian (3). Dans ces alliages le cuivre possède une configuration électronique $3d^{10}4s^{1}$; l'électron $4s$ s'incorpore dans l'atmosphère d'électrons s du nickel, entraînant une diminution du nombre d'ions du nickel, conformément à l'hypothèse de l'équilibre d'ions de L. Néel (4). La pente de la droite représentant les moments magnétiques des alliages Ni-Cu en fonction du titre électronique est donc de $-1\,\mu_B$/électron; pour une concentration de 60 % at. Cu, le moment de l'alliage s'annule.

Ce résultat est en accord avec ceux fournis par l'étude des alliages isoélectroniques du groupe du fer cristallisant dans le réseau du cube à faces centrées (5). Il a donc paru intéressant d'étudier le comportement magnétique du cuivre en solution solide dans le cobalt, alliages de structure hexagonale.

La limite de solution solide de Cu dans Co à haute température, donnée par les points de Curie de la phase cubique de ces alliages (*fig.* 1) se situe à 11,3 % at.Cu. Les moments atomiques mesurés de ces alliages sont ceux de la phase hexagonale stable à basse température. Portés dans le graphique de la figure 2 en fonction de la densité électronique, ces moments sont représentés par une droite de pente $-0{,}71\,\mu_B$/électron, pente compatible avec celle observée par Sadron (2) dans les alliages Co-Au. Dans ces alliages les atomes de cuivre semblent donc être porteurs d'un moment de $+0{,}3\,\mu_B$. Ce résultat peut être interprété si l'on suppose que le cuivre possède dans ces alliages une confi-

(1) *Thèse*, Zurich, 1916.

(2) *Thèse*, Strasbourg, 1932.

(3) *Thèse*, Strasbourg, 1936.

(4) *Le Magnétisme*, II, p. 105, Strasbourg, 1940.

(5) P. Taglang, *Thèse*, Strasbourg, 1950.

guration électronique moyenne $3d^{9,7}\,4s^{1,3}$, configuration qui pourrait résulter d'un mélange d'ions d'environ 30 % $3d^9\,4s^2$ + 70 % $3d^{10}\,4s$, similaire à celle généralement admise pour le nickel, 30 % $3d^8\,4s^2$ + 70 % $3d^{10}$. Ce résultat est à rapprocher de celui obtenu par J. Wucher [6] dans l'étude paramagnétique des alliages Pd-Cu, dans lesquels les atomes de cuivre semblent être doublement ionisés.

	Co-Cu.					(Fe-Ni)-Cu.				
At. Cu (%).	0.	1.	4,5.	8.	14.	0.	3.	6.	8.	21.
θ (°K)..	1403	1394	1364	1343	1318	815	804	792	784	739
μ_B.....	1,719	1,708	1,661	1,607	–	1,663	1,602	1,549	1,509	–

Le comportement différent du Cu en solution solide dans Ni et Co peut être dû soit à la différence de densité électronique, soit à la différence de réseau de ces deux métaux. Afin d'éclaircir ce point, nous avons étudié les solutions

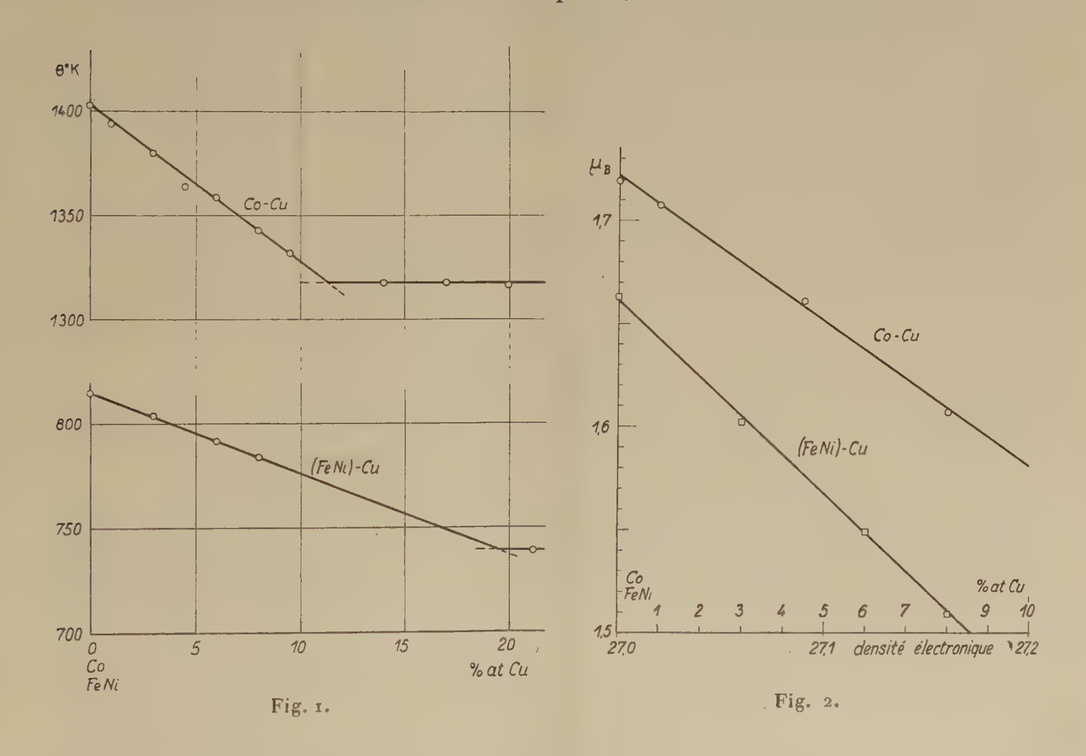


Fig. 1.

Fig. 2.

solides de Cu dans l'alliage FeNi, isoélectronique avec Co et de même structure que Ni. La limite de solution solide de ces alliages est fortement variable avec la température [7]; près de leurs points de Curie (*fig.* 1) elle se situe vers 20 % at. Cu. A basse température, elle est plus faible. Leurs moments ato-

---

(6) *Thèse*, Strasbourg, 1950.

(7) O. Dahl, J. Pfaffenberg et N. Schwartz, *Metallwirtschaft*, **14**, 1935, p. 665.

miques moyens (*fig.* 2) sont représentés en fonction du titre électronique par une droite de pente $-0,97\ \mu_B$/électron.

Le cuivre en solution solide dans FeNi se comporte donc de même façon que dans le nickel. Il en résulte que l'état anormal du cuivre en solution solide dans le cobalt est à attribuer à la structure hexagonale de ces alliages. On en conclut que la densité d'électrons libres du cuivre dans ces alliages hexagonaux doit être supérieure à celle qu'il a dans des alliages cristallisant dans le système du cube à faces centrées et ceci conformément à la règle de Hume-Rothery.

OPTIQUE. — *Sur la détermination simultanée des constantes optiques et de l'épaisseur des couches métalliques très minces.* Note (*) de M. **Florin Abelès**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'étude des expressions des facteurs de réflexion et de transmission des couches métalliques très minces, dont nous rendrons compte ailleurs, nous a permis de montrer comment on peut déduire simplement des mesures de ces quantités les valeurs des constantes optiques et de l'épaisseur de la couche supposée homogène et isotrope.

Notations. — Désignons par n_0, n_2, φ_0 et φ_2 les indices et l'angle d'incidence dans les milieux extrêmes supposés transparents et par $n=\nu-i\varkappa$ *l'indice complexe* du métal déposé en couche mince d'épaisseur d. Si λ est la longueur d'onde dans le vide de la radiation monochromatique incidente, on pose $\gamma=4\pi d/\lambda$. On désigne par $\rho_1\exp(i\theta_1)$, $\rho_2\exp(i\theta_2)$ les coefficients de réflexion aux passages n_0/n et n/n_2, et par $\tau_1\exp(i\psi_1)$, $\tau_2\exp(i\psi_2)$ les coefficients de transmission aux mêmes interfaces. Soient d'autre part R et R′ les facteurs de réflexion *côté* 0 et *côté* 2, T le facteur de transmission, et $A=1-R-T$, $A'=1-R'-T$ les facteurs d'absorption.

Dans le cas des couches très minces, $\gamma\ll 1$, et l'on peut développer en série de puissances croissantes de γ les numérateurs et dénominateurs de R, R′, et T. On obtient

$$\frac{R}{R'}=\frac{\sum_{m=0}^{\infty}(a_{2m}\gamma^{2m}\pm a_{2m+1}\gamma^{2m+1})}{\sum_{m=0}^{\infty}(b_{2m}\gamma^{2m}+b_{2m+1}\gamma^{2m+1})}, \tag{1}$$

$$T=\frac{n_2\cos\varphi_2\,\tau_1^2\,\tau_2^2}{n_0\cos\varphi_0\sum_{m=0}^{\infty}(b_{2m}\gamma^{2m}+b_{2m+1}\gamma^{2m+1})} \tag{2}$$

(*) Séance du 30 octobre 1950.

avec [1]

$$
\begin{aligned}
(2m)!\ a_{2m} &= (\rho_1^2+\rho_2^2)\, q^{2m} + (-1)^m 2p^{2m}\ \rho_1\rho_2\cos(\theta_2-\theta_1),\\
(2m)!\ b_{2m} &= (1+\rho_1^2\rho_2^2)\, q^{2m} + (-1)^m 2p^{2m}\ \rho_1\rho_2\cos(\theta_2+\theta_1),\\
(2m+1)!\ a_{2m+1} &= (\rho_1^2-\rho_2^2)\, q^{2m+1} + (-1)^m 2p^{2m+1}\rho_1\rho_2\sin(\theta_2-\theta_1),\\
(2m+1)!\ b_{2m+1} &= (1-\rho_1^2\rho_2^2)\, q^{2m+1} + (-1)^m 2p^{2m+1}\rho_1\rho_2\sin(\theta_2+\theta_1).
\end{aligned}
$$

Dans le cas de l'incidence normale, Wolter [2] a déjà effectué les développements en série précédents, mais en s'arrêtant aux termes en γ^2 seulement. Dans ces conditions, étant donné que $a_2 = b_2$, on trouve que les trois quantités R, R′ et T ne sont pas indépendantes, car

$$(3) \qquad n_0(1-R'-T) = n_2(1-R-T).$$

Les trois mesures ne fournissant plus que deux relations indépendantes, il était impossible d'en déduire les trois inconnues ν, $\varkappa$ et d. Nous avons gardé les termes en γ^3 dans les développements en série, et avons pu montrer ainsi que l'on obtient les valeurs de ν, $\varkappa$ et d en résolvant d'abord l'équation du troisième degré en $X = \nu\varkappa d$

$$
\begin{aligned}
(4)\quad & (n_2A - n_0A')TX^3 + 3(n_2^2-n_0^2)T^2X^2\\
& - 2\left\{\left[\frac{n_0n_2(R+R')}{T} \pm (n_0^2+n_2^2+n_0n_2)\right](n_2A-n_0A') + 3n_0n_2(n_2A'-n_0A)\right\}TX\\
& + 3n_0n_2(n_2^2-n_0^2)AA' = 0.
\end{aligned}
$$

Ayant déterminé la valeur de X, on aura

$$(5) \qquad \gamma^2 = \frac{12(n_2A-n_0A')}{(n_2^2-n_0^2)TX},$$

$$(6) \qquad \varkappa^2-\nu^2 = \frac{n_0n_2(n_2A'-n_0A)-(n_2^2-n_0^2)TX}{n_2A-n_0A'},$$

et, connaissant les valeurs de $\nu\varkappa$ et $\varkappa^2-\nu^2$, on en déduira ν et $\varkappa$.

Si l'onde incidente est polarisée dans le plan d'incidence, les formules (3) à (6) restent valables, à condition d'y remplacer partout n_0 et n_2 par $n_0\cos\varphi_0$ et $n_2\cos\varphi_2$ et $\varkappa^2-\nu^2$ par $\varkappa^2-\nu^2+n_0^2\sin^2\varphi_0$. Lorsqu'elle est polarisée perpendiculairement à ce plan, la relation (3) n'est plus valable, même en s'arrêtant aux termes en γ^2. Dans le cas de l'incidence brewstérienne relative au passage 0 — 2, comme dans le cas où les milieux extrêmes sont identiques et l'incidence et la polarisation de l'onde quelconques (autrement dit, lorsque les milieux extrêmes ont la même impédance caractéristique), $a_0 = a_1 = 0$ et le développement en série de $R = R'$ commence par un terme en γ^2.

Remarques. — 1° On démontre que, quelle que soit l'incidence et la polarisation de l'onde, les a_i et b_i ne font intervenir ν et $\varkappa$ que par l'intermédiaire des deux expressions suivantes : $\nu\varkappa$ et $\varkappa^2-\nu^2$.

---

(1) En passant $p^2-q^2 = \nu^2-\varkappa^2-n_0^2\sin^2\varphi_0$, $pq = \nu\varkappa$.

(2) *Zeits. f. Physik.*, 105, 1937, p. 269.

2° Notre approximation du troisième ordre est valable aussi longtemps que, pour une onde polarisée dans le plan d'incidence, la quantité

$$\frac{(A n_2 \cos\varphi_2 - A' n_0 \cos\varphi_0)}{T}$$

est invariante lorsqu'on fait varier l'angle d'incidence. Cela est une conséquence directe de (5).

DIFFUSION DE LA LUMIÈRE. — *L'influence de l'absorption sur l'intensité de la lumière diffusée par les fluides.* Note (*) de M. **Jacques Tonnelat** et Mlle **Huguette Batsch**, présentée par M. Jean Cabannes.

On est parfois amené à mesurer l'intensité de la lumière diffusée par des solutions qui présentent une absorption propre. Il est alors nécessaire d'effectuer une correction dont le calcul a été fait par Caspersson ([1]) dans le cas de l'observation à angle droit. Le but de ce travail est d'étendre son raisonnement au cas général.

Nous admettons que la diffusion est assez faible pour que la diffusion secondaire soit négligeable. L'intensité diffusée par unité de volume dans la direction θ pour une concentration c peut se mettre sous la forme

$$I_d = k(\theta)\, f(c)\, I_0,$$

I_0 étant l'intensité incidente. D'autre part en désignant par μ le coefficient d'absorption, l'intensité transmise par l'épaisseur l est

$$I = I_0\, e^{-\mu c l}.$$

Le liquide est placé dans une cuve circulaire de rayon R. Soient h la hauteur et a et b les largeurs respectives des faisceaux incident et diffusé. Nous admettrons que a et b sont assez petits devant R pour qu'on puisse confondre avec le plan tangent les portions de parois constituant les faces d'entrée et de sortie des faisceaux.

Considérons un élément de volume diffusant dv situé en M à la distance u de la face d'entrée et à la distance v de celle de sortie. En appelant I_0 l'intensité arrivant sur la face d'entrée de la cuve l'intensité reçue en M sera

$$I_r = I_0\, e^{-\mu c u}.$$

L'intensité diffusée par l'élément dv sera

$$I_d = k(\theta)\, f(c)\, I_r\, dv.$$

L'intensité à la sortie de la cuve sera

$$I_s = I_d\, e^{-\mu c v}.$$

(*) Séance du 30 octobre 1950.

([1]) *Kolloid Zeits.*, 65, 1933, p. 162.

Prenons pour axes de coordonnées obliques ωx, ωy une arête de chacun des faisceaux et pour ωz la perpendiculaire commune (*fig.* 1). On voit facilement que

$$u = x - y\cos\theta + \mathrm{R} + \frac{a\cos\theta - b}{2\sin\theta},$$

$$v = y - x\cos\theta + \mathrm{R} + \frac{b\cos\theta - a}{2\sin\theta}.$$

Pour l'ensemble du volume diffusant l'intensité du faisceau à la sortie de la cuve sera

$$\mathrm{I}_v = \iiint \mathrm{I}_0\, k(\theta) f(c)\, e^{-\mu c\left[2\mathrm{R} + (a+b)\frac{\cos\theta - 1}{2\sin\theta}\right]} e^{-\mu c(x+y)(1-\cos\theta)} \sin\theta\, dx\, dy\, dz;$$

d'où

$$\mathrm{I}_v = \mathrm{I}_0\, k(\theta) f(c)\, \mathrm{A}(\mu, \theta, c),$$

avec

$$\mathrm{A}(\mu, \theta, c) = \frac{1}{\mu^2 c^2}\, \frac{h\sin\theta}{(1-\cos\theta)^2}\, e^{-\mu c\left[2\mathrm{R} + (a+b)\frac{\cos\theta - 1}{2\sin\theta}\right]} \left(1 - e^{-\mu c a\frac{1-\cos\theta}{\sin\theta}}\right)\left(1 - e^{-\mu c b\frac{1-\cos\theta}{\sin\theta}}\right).$$

Les largeurs des faisceaux a et b étant fixes, le volume diffusant varie avec l'angle d'observation. En appelant $\mathrm{V}_{90°} = abh$ le volume diffusant pour $\theta = 90°$, l'intensité observable diffusée par l'unité de volume sera $\mathrm{I} = \mathrm{I}_v(\sin\theta/\mathrm{V}_{90°})$.

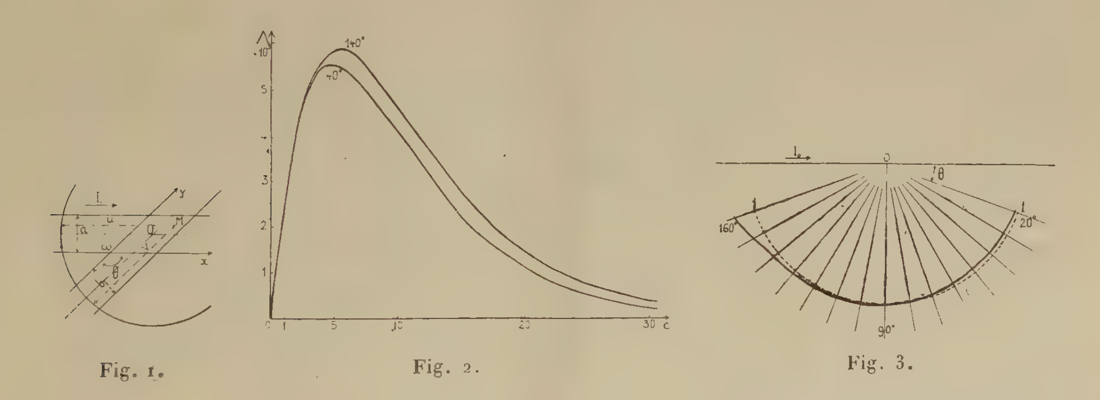


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

On constate que l'absorption affecte différemment l'intensité diffusée dans deux directions symétriques par rapport à la normale ($\theta = 90°$). Le facteur de correction doit être calculé d'après les dimensions de la cuve et des faisceaux pour chaque valeur du coefficient d'absorption μ et de la concentration c.

Lorsque la solution est suffisamment diluée, on peut admettre que l'intensité diffusée est proportionnelle à la concentration : $f(c) = k'.c$. Dans cette hypothèse l'intensité diffusée par unité de volume est $\mathrm{I}_u = k(\theta) \times k' \times \Lambda(\mu, \theta, c)$, avec $\Lambda(\mu, \theta, c) = c \times \mathrm{A}(\mu, \theta, c) \times \sin\theta$. Λ est le facteur de correction par lequel il faut alors diviser l'intensité observée pour obtenir l'intensité que diffuserait le liquide s'il était dépourvu d'absorption. Les courbes de la figure 2

donnent en fonction de la concentration la valeur de Λ, au facteur $1/\mu^2 a^2$ près, pour deux directions symétriques par rapport à la normale, $\theta = 40°$ et $\theta = 140°$, dans le cas où $a = b = R/10$. On a pris une concentration de base c_0 telle que $\mu c_0 a = 0{,}01$: La courbe de la figure 3 donne la variation de Λ en fonction de θ pour la concentration $c = 6c_0$ en prenant pour unité la valeur de Λ pour $\theta = 90°$. Ces courbes sont également, à un facteur près, celles de l'intensité observée lorsque $k(\theta) = k(\pi\text{-}\theta)$ pour la figure 2, et lorsque $k(\theta) = \text{const.}$ pour la figure 3.

SPECTROSCOPIE. — *Étude quantitative des séries harmoniques des vibrations* CH, CH_2 *et* CH_3 *de valence*. Note de M. **Germain Gauthier**, présentée par M. Jean Cabannes.

Nous étudions la position des maxima et l'intensité des composantes des bandes d'absorption d'hydrocarbures saturés aliphatiques liquides dans le proche infrarouge, en utilisant la formule de Kratzer

$$(1) \qquad \nu_n = n\nu_0(1 - nx),$$

ν_n, position de l'harmonique d'ordre n; x, constante d'anharmonicité. Connaissant la position et l'identité des composantes dans les différents harmoniques, nous avons repris le travail sur les séries de Kratzer, déjà proposées par différents auteurs. En portant ν_n/n en abscisses par rapport à n en ordonnées (n = numéro de l'harmonique), sans anharmonicité, les lignes reliant, dans les harmoniques successifs, les positions des maxima correspondant à un même groupement donneraient des droites verticales. Une droite inclinée sur l'axe indique la présence d'une anharmonicité. Il nous a paru beaucoup plus facile de vérifier l'existence d'une droite, sur un intervalle ν_n/n variant de $400\ cm^{-1}$, que la régularité d'une parabole $\nu_n = f(n^2)$ sur un intervalle ν_n variant de $8000\ cm^{-1}$. *Nos nombres* [1] (précision de $3\ cm^{-1}$) *ne se placent ni sur une droite, ni sur une parabole en portant ν_n/n en fonction de n.* Les courbes expérimentales ont alors une concavité positive pour $1 < n \leq 3$ et négative pour $n \geq 4$.

Nos résultats ne s'interprètent pas non plus en essayant de compléter la formule de Kratzer par des termes d'ordre supérieur :

$$(2) \qquad \nu_n = n\nu_0(1 - nx + n^2 y - n^3 z).$$

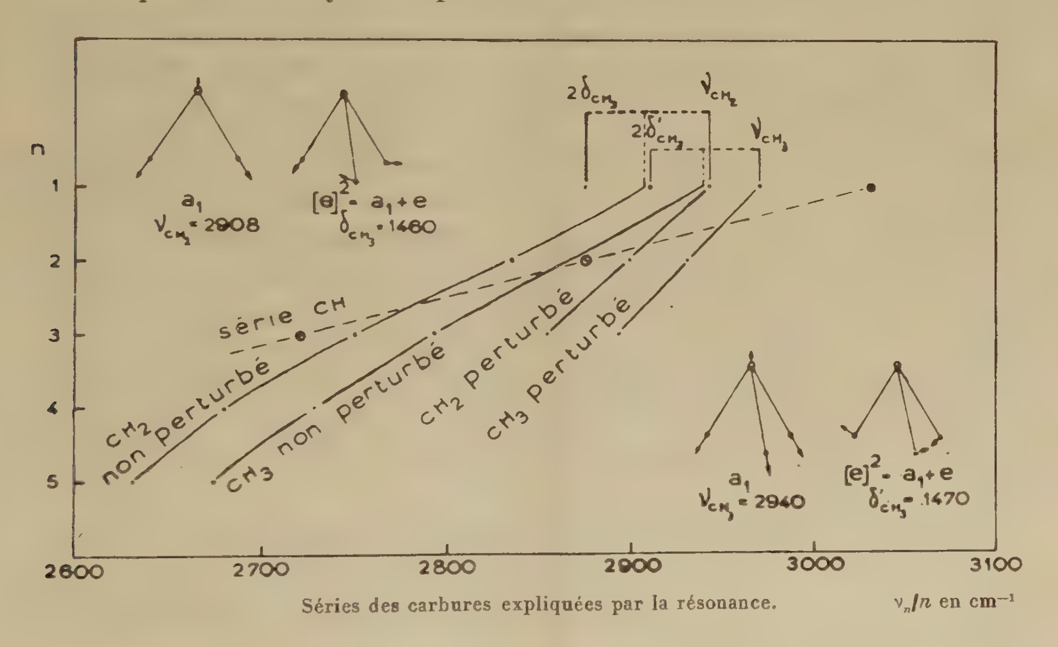
Toutes les courbes fournies ont des dérivées secondes qui changent de signe à $\nu_n = \nu_0$. Les constantes y et z, petites devant x, sont responsables de la concavité régulière (anharmonicité du second ordre).

---

(1) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 837.

Accepter que la fonction ν_n/n ait une dérivée seconde changeant de signe pour une certaine valeur entre 2760 et 2800 cm⁻¹ est inadmissible pour la suite des nombres entiers n formant une série.

Nous proposons plutôt de *faire intervenir à 3μ,4, un phénomène de résonance entre une vibration harmonique et une vibration fondamentale*. Dans le domaine des vibrations de déformation, l'hexane possède deux bandes à 1460 et 1470 cm⁻¹, attribuables à une vibration double dégénérée de CH_3 [2], et, dans la région des vibrations de valence, deux paires de bandes, l'une à 2875 (CH_3) et 2942 (CH_2) cm⁻¹ (l'intensité de la composante CH_3 suit celle de CH_2 par suite de la résonance), et l'autre à 2910 et 2970 cm⁻¹ (toutes deux CH_3). La première paire proviendrait de la résonance de $2 \times 1460 = 2920$ avec une fréquence fondamentale CH_2 vers 2908 cm⁻¹ (courbe CH_2 non perturbée extrapolée); la seconde, de la résonance de $2 \times 1470 = 2940$ cm⁻¹ avec une fondamentale CH_3 vers 2940 cm⁻¹ (courbe CH_3 non perturbé extrapolée). En somme, la perturbation, par les harmoniques $2\delta_{CH_3}$ et $2\delta'_{CH_3}$ des vibrations ν_{CH_2} et ν_{CH_3} conduit à élever leur fréquence. Les vibrations à 2980 et et 2940 cm⁻¹ sont simples et ne peuvent résonner qu'avec une vibration harmonique de même symétrie provenant de CH_3.



Séries des carbures expliquées par la résonance.

Suivant les schémas de résonance indiqués, le même phénomène de résonance ne peut avoir lieu pour l'harmonique $n = 2$ des fréquences 2908 et 2940 cm⁻¹ avec l'harmonique $n = 4$ des fréquences 1460 et 1470 cm⁻¹, ni pour les harmoniques suivants, à cause du trop grand écartement des

---

(²) G. Herzberg, *Infrared and Raman Spectra*, 1945, p. 110.

fréquences. De cette manière, la courbe CH_2 non perturbée comprend tous les points expérimentaux des harmoniques et aboutit, pour le fondamental, à une position nécessairement différente de la fréquence mesurée. Même observation pour le CH_3 non perturbé. Avec notre hypothèse, les deux courbes sont devenues régulières. *Les vibrations de valence* CH_2 *et* CH_3 *perturbées par la résonance* (2908 *et* 2940) *et non perturbées* (2942 *et* 2970) *donnent naissance à quatre séries bien marquées.* Les séries non perturbées demandent qu'un terme du second degré en n^2 (avec $y \simeq 0,0004$) soit ajouté à la formule de Kratzer (2), terme qui n'affecte la série qu'à partir de l'harmonique $n = 4$.

Nous avons aussi tenté d'expliquer par une série les vibrations CH de valence, présentes dans les carbures ramifiés. Les fréquences CH, extrapolées dans la région fondamentale, arrivent à 3030 cm^{-1}. Les spectres du Bureau of Standards de Washington (1946) montrent que cette fréquence apparaît, avec une fluctuation de ± 5 cm^{-1} dans *tous* les produits ramifiés, alors qu'elle est totalement absente dans les spectres des chaînes droites. Ces composantes CH sont les moins intenses des différents harmoniques, conformément à la théorie.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *La propagation de la décharge dans les compteurs Geiger-Müller à cathode externe.* Note (*) de M. **Maurice Schérer** et Mlle **Elisabeth Vieille**, présentée par M. Louis Leprince-Ringuet.

Les expériences de Craggs et Jaffe (1) ont montré que les photons produits au cours des diverses avalanches constituant la décharge d'un compteur Geiger-Müller ne sont pas complètement absorbés dans la vapeur organique. Ils ont pu mettre en évidence l'effet photoélectrique des photons non absorbés en étudiant la propagation de la décharge dans une série d'autres compteurs à cathode de laiton alignées et renfermées dans une même enveloppe de verre. Ces expériences paraissent apporter la preuve qu'il s'agit surtout d'un effet photoélectrique sur la cathode métallique, car en munissant chaque cathode d'un disque de verre qui l'obture, la propagation est réduite dans de grandes proportions.

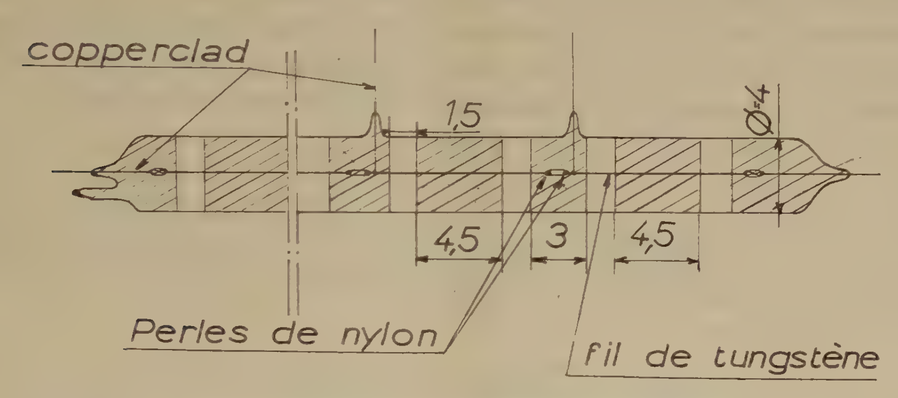
Ces résultats nous ont suggéré d'étudier d'une façon analogue la propagation de la décharge dans un compteur type Maze (à cathode externe) : sur un même tube de verre sont disposées plusieurs cathodes externes de graphite suivant le schéma ci-après.

Afin d'éviter toute influence électrique d'un compteur à l'autre, les sections formaient des compteurs séparés pourvus chacun d'un fil anodique de tungstène, isolé de celui des sections adjacentes par une perle de nylon.

(*) Séance du 30 octobre 1950.

(1) *Phys. Rev.*, 72, 1947, p. 784.

Pour délimiter les longueurs efficaces des sections, le champ électrique dans la région de jonction était annulé lorsqu'on portait la partie graphitée qui l'entoure à la même tension que le fil ([2]). Ce compteur *multiple* en verre *novo* de $0^{mm},8$ d'épaisseur comportait ainsi cinq sections identiques, la distance minimum de deux sections étant 60^{mm}, le diamètre de la cathode externe 40^{mm}, la longueur d'une cathode 45^{mm}. Le remplissage était de 90^{mm} d'argon pour 16^{mm} d'alcool éthylique. Les paliers étaient d'environ 300 V.



Les parties hachurées sont graphitées extérieurement.

On mesure les coïncidences doubles entre deux sections. Elles représentent, outre les gerbes et les fortuites, les coïncidences dues à un effet photoélectrique des photons non absorbés passant d'une section à l'autre. En l'absence de source radioactive on a trouvé;

sections V-IV : $1,7 \pm 0,004$ coïncidences/min pour 60^{mm} de distance.

sections V-III : $0,5 \pm 0,004$ coïncidences/min pour 165^{mm} de distance.

On a irradié la section V à l'aide d'une source de rayons γ, bien collimatés, de façon à multiplier par 4 le taux d'impulsion de cette section (60 min). Les taux de coïncidences sont devenus respectivement : 5 et $0,7 \pm 0,004$.

3,3 coïncidences/min est donc l'accroissement correspondant à la propagation seule lorsque le nombre d'impulsions du compteur excité passe de 60 à 240 à la minute. Par suite $1,8 \pm 0,1$ % des impulsions donne lieu à un effet photoélectrique sur la cathode du compteur situé à 60^{mm} et $0,11 \pm 0,01$ % dans le compteur à 165^{mm}.

Les pourcentages précédents restent sensiblement constants tout le long du palier du compteur irradié.

Il a été utilisé d'autre part un compteur à cathode externe muni d'une fenêtre de verre obturant presque complètement le cylindre entre deux des cathodes, comme dans les compteurs spéciaux de Balakrishnan, J. D. Craggs

(2) D. Blanc et M. Schérer, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 2018.

et A. A. Jaffe ([3]). Malgré la proximité des cathodes (50^{mm}), il ne semble plus y avoir de propagation. On retrouve donc ici aussi l'effet du disque de verre sur la localisation de la décharge.

Bien qu'obtenus dans des conditions expérimentales différentes, nos résultats permettent de conclure à une propagation assez voisine (mais cependant plus forte) de celle observée par Craggs et Jaffe. (Ces deux auteurs ayant donné à leurs mesures une valeur comparative plutôt qu'absolue.)

Cela montrerait que la paroi de verre du compteur à cathode externe, contrairement à ce que nous attendions d'abord, n'agit pas comme un disque de verre absorbant au travers du compteur, cette paroi donne lieu à un effet photoélectrique au moins aussi élevé que celui d'une cathode de laiton.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de l'état d'oxydation des centres luminogènes sur la couleur de luminescence du sulfure de zinc activé au cuivre.* Note de M. **Edmond Grillot** et Mme **Marguerite Bancie-Grillot**, présentée par M. Paul Lebeau.

Pour une même teneur en cuivre, les auteurs ont obtenu des SZn(Cu) présentant, selon le degré d'oxydation du luminogène, soit la luminescence verte bien connue, soit une fluorescence bleu violet sans persistance notable. Cette influence chimique paraît infirmer l'hypothèse souvent admise d'atomes neutres interstitiels luminogènes.

Plusieurs explications différentes ont été récemment proposées pour expliquer le mécanisme de la photoluminescence bleue du sulfure de zinc activé au cuivre. F. A. Kroeger et J. E. Hellingman ([1]) ont insisté sur l'importance de l'addition fusible. Par contre, A. A. Tcherepniev et T. C. Dobrolioubskaïa ([2]) reprennent l'idée de S. Rotschild ([3]) sur l'influence prédominante de la concentration du luminogène. Enfin, N. Riehl et G. Ortman ([4]) envisagent l'existence de deux états différents du cuivre métallique interstitiel introduit.

Bien qu'à peu près toutes les préparations du produit bleu décrites comportent une calcination en milieu réducteur, personne cependant ne semble avoir porté une attention suffisante à la remarque de A. Guntz qui écrivait dès 1926 ([5]) : lorsqu'un sulfure de zinc est rigoureusement exempt d'oxyde, ce qui ne s'obtient d'ailleurs pas facilement, la fluorescence est

---

([3]) *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 410.

([1]) *J. Electrochem., Soc.* (U. S. A.), 93, 1948, p. 156-157.

([2]) *C. R. Acad. Sc. U. R. S. S.*, 66, 1949, n° 4, p. 621-623.

([3]) *Trans. Faraday Soc.*, 42, 1946, p. 635-642.

([4]) *C. R. Acad. Sc. U. R. S. S.*, 66, 1949, n° 4, p. 613-616 et n° 5, p. 841-845.

([5]) *Ann. Chim.*, 10e série, 5, 1926, p. 195.

violette. En fait, nos expériences l'ont montré, c'est l'état d'oxydation des centres de luminescence qui constitue le facteur prédominant dans l'obtention de SZn(Cu) de luminescence, soit bleu tirant sur le violet, soit verte, soit intermédiaire (bleu clair, probablement par superposition des deux bandes d'émission α et β),

Nos échantillons de sulfure de zinc activés au cuivre ont été obtenus en prenant comme matière première le disulfure de zinc S_2Zn, dont la mise en évidence et la préparation ont fait l'objet d'une étude précédente de l'un d'entre nous ([6]). Ce produit est d'abord imprégné de 3 % d'addition fusible (ClNa) et d'un sel de cuivre (par exemple 5.10^{-5} g Cu/g SZn final). Par calcination (par exemple à 1200°) en creuset de silice fermé et brasqué par du sulfure de zinc technique, il se décompose en sulfure de zinc SZn avec dégagement de l'atome excédentaire de soufre : toute trace d'oxygène dans le produit ou dans l'atmosphère du creuset est éliminée.

Par refroidissement sans autre précaution, on obtient une substance microcristalline de très belle luminescence verte, à longue persistance. Par contre, si l'on opère de telle façon que, pendant la calcination et jusqu'à son retour à la température ordinaire, le produit se trouve absolument à l'abri de l'oxygène de l'air, seule une luminescence bleu-violet sans pratiquement aucune persistance est observée, sous excitation de radiations ultraviolettes ou X aussi bien que de rayonnements cathodiques ou α, ou encore par électrophotoluminescence. Enfin, si la protection contre l'oxydation par l'air qui rentre pendant le refroidissement n'est pas absolument rigoureuse, on obtient un produit dont la luminescence est, selon son degré d'imperfection, soit hétérogène (bleu sans persistance avec traînées vertes persistantes), soit bleu clair avec persistance faible, soit enfin verte, mais avec un vif éclair bleu clair au début de l'excitation.

Des expériences sont actuellement poursuivies en vue de préciser la variation de la répartition spectrale de la luminescence avec la quantité d'oxygène introduit. Mais dès maintenant, il nous est apparu que le nombre d'atomes d'oxygène nécessaires pour passer de la luminescence bleue à la luminescence verte est du même ordre de grandeur que celui du cuivre luminogène : pour 20^g de SZn(Cu) contenant 1^{mg} de cuivre, une fraction de milligramme d'oxygène est suffisante.

Dans les théories de la luminescence, l'hypothèse selon laquelle les luminogènes seraient incorporés à l'état d'atomes neutres, situés en position interstitielle dans le réseau cristallin est souvent admise depuis les travaux de E. Tiede et E. Weiss ([7]). Dans le cas du sulfure de zinc activé au cuivre, nous venons de voir que le passage de la luminescence du bleu au vert doit être

---

([6]) E. Grillot, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 543-545 et *Bull. Soc.* (sous presse).

([7]) *Berichte*, 65, 1932, p. 364.

attribué à une oxydation du luminogène. Dans le sulfure vert, nos observations sont donc en contradiction avec cette hypothèse simple de cuivre atomique interstitiel et prouvent au contraire l'importance de la combinaison chimique dans laquelle cet élément se trouve engagé, ou tout au moins la forte dépendance d'avec les atomes environnants. Pour le sulfure bleu on pourrait certes envisager que le cuivre soit réduit à l'état métallique. Il pourrait alors, ou bien agir à cet état, ou bien être sans action et laisser le champ libre à la luminescence bleue du sulfure de zinc self-activé (présence d'atomes de zinc interstitiel), l'existence de celui-ci étant elle-même supposée admise (8). Cependant, en raison de l'influence chimique de certains éléments, tels les halogènes, sur l'intensité de la fluorescence bleue, et de leur présence au sein du cristal luminescent à une concentration sensiblement égale à celle du luminogène (9), nous inclinons à penser que, dans le SZn(Cu) bleu, le luminogène fait également partie d'une combinaison chimique. La capacité d'émission verte ou bleue des centres pourrait alors s'expliquer, soit par une variation de la valence du cuivre, soit par une modification de type de cations complexes du cuivre, dans la formation desquels l'addition fusible jouerait également son rôle.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage spectrophotométrique du calcium dans les eaux par l'acide chloranilique.* Note (*) de M. **Marcel Le Peintre**, présentée par M. Louis Hackspill.

La méthode de Barreto (1), développée par Tyner (2), a été modifiée par fixation rigoureuse et facile du pH. La comparaison aux méthodes classiques donne une erreur au plus égale à 3% avec le spectrophotomètre utilisé, lequel donne une erreur maximum de 1,5%. Nous n'avons pas observé l'erreur systématique en excès de 5% de Tyner. Après analyse de l'interférence du magnésium, nous indiquons un procédé permettant de doser le calcium en présence de cinq fois plus de magnésium.

Au service de Contrôle des Eaux de la Ville de Paris, nous avons été amené à étudier l'influence du pH sur l'absorption lumineuse des solutions d'acide chloranilique après précipitation de son sel calcique. Pour connaître le domaine de précipitation complète de ce sel, nous avons, sur une série de solutions

---

(8) Des expériences que nous entreprenons sur le contrôle rigoureux de l'élimination des luminogènes dans les différentes méthodes de purification des sels de zinc permettront peut-être de résoudre cette question.

(9) F. A. Kroeger et J. E. Hellingman, *J. Electrochem. Soc.* (U. S. A.), 95, 1949, p. 68-69.

(*) Séance du 30 octobre 1950.

(1) *Bol. Soc. Brasil. agro.*, 8, 1945, p. 351.

(2) *Analyt. Chem.*, 20, 1948, p. 76.

calciques de même concentration ajustées à des pH variables, précipité le calcium suivant la technique de Tyner. Les filtrats des solutions ont été ramenés au même pH (le plus acide) à l'aide d'une solution tampon pour supprimer l'incidence du pH sur l'absorption. Au spectrophotomètre nous avons observé qu'au-dessous de pH 2,5, la concentration en acide chloranilique augmentait pour devenir importante à pH 2; de pH 2,6 à pH 3 elle demeurait constante. Le pH du sel acide calculé d'après les pK donnés par Schwarzenbach ([3]) serait de 2, cette valeur est confirmée par nos essais. Ce dernier auteur montre également que l'absorption est maximum au pH 2. Il nous faut malheureusement, d'après ces résultats travailler sur la pente de la courbe absorption-pH. Pour étudier l'incidence du pH sur l'absorption nous avons construit (*fig.* 1), la courbe (pH initiaux des solutions à concentration calcique constante-transmittance) pour des valeurs du pH initial allant de 2,8 à 6,5, les pH finaux (après adjonction d'acide chloranilique) variaient alors de 2,65 à 2,95. Il apparaît que l'absorption varie peu au voisinage du pH 4,5. Ce dernier point n'est pas une anomalie d'absorption, il s'explique par le fait qu'entre pH 4 et 5, il y a en solution presque uniquement des sels neutres d'acides forts et de l'acide carbonique libre. Du fait de la faible action de l'acide carbonique sur le pH final, celui-ci varie très faiblement et agit de même sur l'absorption. L'application pratique de ce résultat est évidente.

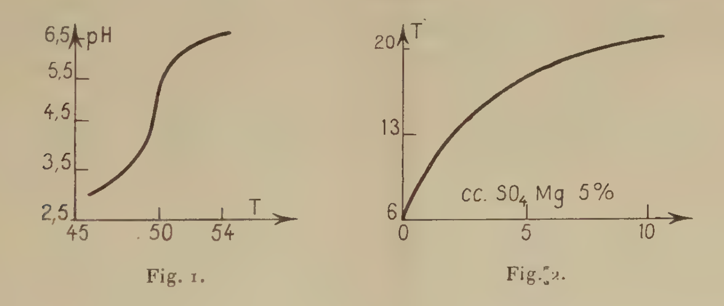


Fig. 1. Fig. 2.

D'autre part, nous avons étudié la suppression de l'interférence du magnésium dont l'action sur la précipitation du sel calcique et sur l'intensité de l'absorption ont été précisées par Gammon et Forbes ([4]). A cet effet nous avons augmenté la proportion d'acide chloranilique (action de masse) et ajouté à une série de solutions (à concentration calcique et pH constants) des quantités croissantes de magnésium. Après 3 heures nous avons sur chaque essai complété la teneur en magnésium de telle sorte que la concentration de ce métal soit constante dans tous les essais pour supprimer l'interférence sur l'intensité d'absorption. Les mesures d'absorption ont donné des chiffres

---

([3]) *Helv. Chem. Acta.*, 24, 1941, p. 617.

([4]) *Analyt. Chem.*, 21, 1949, p. 1391.

constants jusqu'au rapport Mg/Ca = 5, l'empêchement à la précipitation est ainsi repoussé vers les grands rapports Mg/Ca. La courbe (*fig.* 2) (absorption de l'acide chloranilique à concentration et pH constants — teneurs en Mg), nous montre que l'on atteint après une variation rapide un domaine de faibles variations dans lequel il suffira de se placer pour qu'une adjonction de magnésium devienne insensible sur l'absorption. Nous avons vérifié naturellement qu'en présence d'une même quantité de magnésium et à pH constant les concentrations variables d'acide chloranilique suivaient la loi de Beer-Lambert. De ces résultats obtenus uniquement à l'aide de mesures d'absorption lumineuse nous dégageons la méthode suivante :

Mode opératoire. — A. Eaux dans lesquelles Mg/Ca < 1/2.

A 40^{cm^3} d'une solution claire renfermant 0,8 à $2^{mg},2$ de Ca^{++} ayant un pH compris entre 4 et 5, on ajoute 20^{cm^3} d'une solution aqueuse à 0,1 % d'acide chloranilique. On laisse reposer 3 heures en agitant fréquemment. On ajuste alors avec de l'eau distillée à un volume tel que la transmittance de la solution soit aux environs de 30 % (maximum de précision). Sur les filtrats on fait les lectures à $535^{m\mu}$. On dressera en même temps une courbe d'étalonnage. Le pH 4,5 s'obtient aisément en ajoutant à un certain volume d'eau la quantité d'acide donnée par l'alcalinité à l'hélianthine.

B. Eaux dans lesquelles Mg/Ca est compris entre 1/2 et 5.

A 30^{cm^3} d'une eau claire, à pH compris entre 4 et 5, renfermant 0,8 à $2^{mg},2$ de calcium, on ajoute 28^{cm^3} d'acide chloranilique à 0,1 %. Après 3 heures on ajoute 12^{cm^3} de sulfate de magnésium à 5 % et à pH 2,75 à tous les essais (y compris les étalons). On filtre et on lit comme précédemment.

Les rares autres interférences rencontrées dans l'eau seront publiées ultérieurement.

CHIMIE THÉORIQUE. — *Étude des variations des indices de valence libre d'un squelette hydrocarboné conjugué, dues à l'introduction d'un hétéroatome ou d'un substituant.* Note de M. **Pierre Yvan**, présentée par M. Louis de Broglie.

Dans la méthode des orbitales moléculaires [1], un groupe X quelconque (substituant ou hétéroatome) est caractérisé par son nombre d'électrons π et par son terme coulombien α_X. Nous nous proposons ici d'étudier comment un tel groupe perturbe les indices de valence libre du squelette hydrocarboné dans lequel il est introduit. Compte tenu des récentes précisions apportées par R. Daudel [2] aux notions d'hydrocarbure purement conjugué, d'hétéroatome et de substituant, nous considérerons les groupes X à un électron π comme

(1) *Voir* C. A. Coulson et H. C. Longuet-Higgins, *Proc. Roy. Soc.*, A 191, 1947, p. 40.
(2) Travail inédit.

hétéroatome d'une molécule, et les groupes X à deux électrons π, soit comme substituant d'une molécule, soit comme hétéroatome d'un radical libre.

Dans l'étude des groupes X à un électron π, nous avons envisagé l'action de l'azote hétéroatomique sur quelques chaînes linéaires ([3]) et cycliques ([4]), et celle d'un hétéroatome quelconque X sur le noyau benzénique, en fonction de son terme coulombien α_X pour diverses valeurs de l'intégrale d'échange β_{XC} entre l'hétéroatome et les carbones voisins ([5]). D'une manière générale, on constate un accroissement de la valence libre en positions ortho et para, par rapport à l'hétéroatome et une diminution, plus légère, en méta (en appelant, dans les chaînes linéaires, ortho ou para les positions séparées de l'hétéroatome par un nombre impair de liaisons, et méta celles qui en sont séparées par un nombre pair). On peut dire alors qu'un hétéroatome *quelconque*, qu'il soit plus ou moins électronégatif que le carbone (c'est-à-dire que son terme coulombien α_X soit positif ou négatif), oriente les réactions radicalaires principalement en ortho, légèrement en para, et jamais en méta (sauf pour quelques cas extrêmes et d'ailleurs plus théoriques que réels : très faibles valeurs de α_X et de β_{XC}, ou très faibles valeurs de α_X et grandes valeurs de β_{XC}).

Variation des indices de valence libre des sommets du benzène monohétéroatomique en fonction du terme coulombien α_X de l'hétéroatome par diverses valeurs de l'intégrale d'échange β_{XC}.

(α' représente le terme coulombien des carbones directement liés à l'hétéroatome).

		$\alpha_X = 0$. $\alpha' = 0$.	$\alpha_X = \pm 1$. $\alpha' = \pm 0,1$.	$\alpha_X = \pm 2$. $\alpha' = \pm 0,2$.
$\beta_{XC} = 2$	Ortho	-3	-4	$+6$
	Méta	$+3$	$+3$	$+2$
	Para	-5	-4	-3
$\beta_{XC} = 1$	Ortho	0	$+3$	$+10$
	Méta	0	0	-1
	Para	0	$+1$	$+5$
$\beta_{XC} = \frac{1}{4}$	Ortho	-3	$+20$	$+35$
	Méta	-3	-4	-3
	Para	$+10$	$+16$	$+20$
$\beta_{XC} = \frac{1}{16}$	Ortho	-3	$+44$	$+48$
	Méta	-3	-3	-3
	Para	$+16$	$+20$	$+22$

Pour les groupes à deux électrons π, nous avons considéré l'action du radical H_2N— sur quelques chaînes linéaires ([3]) et celle d'un substituant quelconque X

([3]) R. Gouarné et P. Yvan, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1345.

([4]) H. C. Longuet-Higgins et C. A. Coulson, *Trans. Farad. Soc.*, 43, 1947, p. 87.

([5]) C. Sándorfy, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 16, 1949, p. 615 et Thèse, Paris, 1949.

sur le noyau benzénique en fonction de son terme coulombien α_X pour diverses valeurs de l'intégrale d'échange β_{XC} ([5]). Ici, une interprétation détaillée des résultats devient plus malaisée. Le fait de considérer le groupe X comme hétéroatome d'un radical libre ne semble pas apporter de simplification. Ce point de vue, théoriquement beaucoup plus satisfaisant, puisqu'il compare deux squelettes résonants identiques, se trouve d'ailleurs ici handicapé, puisque, dans la conception usuelle, la comparaison s'effectue avec le benzène pour lequel les indices de valence libre sont tous égaux. Cependant, on constate, comme précédemment, que la réactivité de la molécule vis-à-vis des réactifs radicalaires est toujours accrue en position ortho et para par rapport au sommet portant le substituant.

On peut donc généraliser l'énoncé précédent en disant qu'un groupe X *quelconque* (substituant ou hétéroatome, plus ou moins électronégatif que le carbone) accroît toujours la réactivité de la molécule vis-à-vis des réactifs radicalaires en positions ortho et para.

GÉOLOGIE. — *La série cristallophyllienne de la Grande Kabylie (Algérie).* Note (*) de M. **Jean Thiébaut**, présentée par M. Charles Jacob.

Le massif de Grande Kabylie est formé par uue série cristallophyllienne allant de schistes ordoviciens peu métamorphiques à un substratum de migmatites. Le front des migmatites s'est élevé jusque dans les micaschistes inférieurs. L'ensemble est traversé par des granites tardifs.

L'étude du socle de la Grande Kabylie montre l'existence d'une série métamorphique allant de schistes ordoviciens fossilifères aux migmatites. Cette série est accidentée de très nombreuses failles et surfaces de chevauchement ([1]), si bien qu'il est nécessaire pour l'étudier d'avoir recours à la juxtaposition de coupes partielles relevées en différentes région. On peut distinguer :

1. Les schistes et phyllades fossilifères.
2. Les micaschistes à mica blanc seul (micaschistes supérieurs).
3. Les micaschistes à deux micas (micaschistes inférieurs).
4. La zone de transition avec les migmatites.
5. Les migmatites œillées stratifiées (embréchites).
6. Les migmatites non stratifiées.
7. Un granite tardif, recoupant le tout.

1-2. A 4^{km} au Nord-Est de Tizi-Ouzou, près du confluent des Oueds Sebaou et Stita, on trouve des schistes très peu métamorphiques contenant une faune

(*) Séance du 30 octobre 1950.

([1]) J. Thiébaut, *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 1084.

du Llanvirn([2]). Au-dessus viennent des niveaux d'arkoses séricitouses. Vers la profondeur, ces schistes sont de plus en plus métamorphiques et passent progressivement au puissant ensemble des micaschistes supérieurs, affleurant largement dans la région.

3-4. Le passage de ces micaschistes supérieurs aux migmatites peut être suivi, sur 3^{km}, dans la cluse du Sebaou, à partir du pont de Bougie : les schistes séricteux y font place à des schistes à muscovite, chargés d'amandes de quartz d'exsudation. Puis, au-dessous, la biotite apparaît, amenant la réalisation du faciès des micaschistes inférieurs, dans lequel les filons de quartz laiteux se chargent de muscovite et de tourmaline, puis de feldspath, pour former des masses de pegmatite.

Les affleurements de la vallée de l'Oued Ksari montrent un faciès plus profond encore : le micaschiste, très feldspathisé, tend à prendre une texture de cornéenne et il est parcouru par une multitude de filonnets et d'apophyses de pegmatite, d'aplite ou de granite leucocrate à deux micas. On voit apparaître en même temps des bancs de gneiss œillés, interstratifiés isolément dans les micaschistes et représentant les avant-coureurs des migmatites fondamentales.

5-6. Ces dernières constituent le cœur des montagnes de la Grande Kabylie. La route de Fort-National à Michelet les recoupe sur 15^{km}. Il s'agit de gneiss œillés stratifiés correspondant typiquement aux *embréchites* décrites dans d'autres régions. Les yeux feldspathiques, qui peuvent atteindre 3^{cm} de long sont ovoïdes et alignés dans le sens de la schistosité. Dans la partie haute de cette formation, on rencontre encore des septa de micaschistes et de nombreux amas et filons de pegmatite à tourmaline. Au contraire, vers les zones profondes, comme entre Aït Atelli et Aït Frah, les yeux des gneiss perdent leur disposition alignée, et les lits micacés s'estompent de telle sorte que le gneiss passe à une sorte de granite porphyroïde. Ce niveau est d'ailleurs exceptionnel en Grande Kabylie.

7. Enfin, au Sud de Camp du Maréchal et d'Haussonvillers, affleure un granite pauvre en quartz, formant un massif important au Nord-Ouest de la Grande Kabylie. Ce granite recoupe les gneiss et les micaschistes sans les modifier : il s'agit d'un granite tardif dont la mise en place est postérieure aux manifestations du métamorphisme général.

L'analyse de cette série a été faite en notant les effets croissants du métamorphisme sur les faciès pétrographiques silico-alumineux. Il convient de noter, pour ordre, le développement que peuvent prendre localement les faciès arénacés ou calcaires interstratifiés dans les formations micaschisteuses.

Dans l'ensemble, il faut souligner la grande analogie qui existe entre la série cristallophyllienne de Grande Kabylie, telle que nous venons de la décrire, et celle des Pyrénées.

([2]) A. Barbier, H. Termier et G. Termier, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1385.

GÉOLOGIE. — *L'âge des « grès d'Allevard » (massif de Belledonne, Isère).* Note (*) de M. **Paul Gidon**, transmise par M. Léon Moret.

L'auteur, par la découverte de fossiles, prouve que cette formation appartient au Permien. C'est la première fois qu'un fossile de cette époque est mis en évidence dans les Alpes françaises.

Les grès d'Allevard, bien connus depuis les travaux de Ch. et P. Lory, constituent une formation insolite qui, par son faciès, rappelle le Permien alpin. Cependant, discordante sur le Houiller, et recouverte en concordance par le Trias, notamment au Grand Collet, cette formation a pu être considérée comme un Trias de base. C'est là l'interprétation qu'en donne la feuille de Saint-Jean-de-Maurienne.

Cette assimilation au Trias ne semble destinée qu'à fournir une interprétation simple de la région. C'est ce qu'expriment d'ailleurs M. Gignoux et L. Moret dans leur *Géologie dauphinoise* : « Il est plus simple de décrire nos grès d'Allevard comme constituant dans un domaine étroit et localisé, l'extrême base du Trias ». Toutefois, pour ces mêmes auteurs, les arguments tirés des considérations de faciès l'emportent. Dans leur Note sur *Le Permien des zones externes des Alpes françaises* (1) on peut lire : « On aurait là, soit du Trias inférieur,... soit bien plutôt un Permien supérieur ».

Ces idées, quelque peu floues, fondées sur des arguments contradictoires, faisaient souhaiter la découverte de fossiles assez caractéristiques pour trancher cette question de chronologie. J'ai eu la chance de découvrir un tel fossile au *Grand Rocher*, au Nord du Col du Merdaret, où j'ai relevé sur le versant Est, à l'aplomb du sommet coté 1930, la coupe suivante :

Reposant sur des micaschistes, on rencontre de bas en haut,

I.	Grès grossiers à grains de quartz. Ces grès roses prennent souvent l'aspect d'un conglomérat à cailloux de quartz et plus rarement de micaschistes, sans que ce faciès soit plus marqué à la base qu'au sommet	40 m
II.	Grès ocres, à grains plus fins, mais encore grossiers	20
III.	Dolomie noire à patine capucin	0,6
IV.	Grès gris ocracé	3
V.	Dolomie noire à patine capucin	1
VI.	Grès roussâtres	2
VII.	Grès fins, gris noirâtres schistoïdes contenant vers le sommet une intercalation de $0^m,2$ de dolomie	7
VIII.	Grès gris ocreux, assez fins	6 à 8
IX.	Grès schistoïdes rouge violacé	8
X.	Grès roses à gros grains	6
XI.	Grès schistoïdes et schistes rouge violacé	—

(*) Séance du 23 octobre 1950.

(1) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 853-856.

Le niveau XI constitue la base d'une énorme masse de sédiments identiques formant le versant Ouest du Grand Rocher.

La couche VII m'a fourni un unique fragment d'une Equisetinée appartenant au genre *Calamites*. Confié au spécialiste de la flore triasique qu'est J. Ricour, il s'est tout de suite avéré que ce *Calamites* était antérieur au Trias. La détermination spécifique due à M. Greber nous met en présence de *Calamites Cisti*, qui ne s'élève guère au-dessus du Permien inférieur. Ce résultat nous montre dans les grès d'Allevard une formation s'étendant sur à peu près tout le Permien.

Peut-être est-il possible, malgré le danger de fonder une chronologie sur des considérations de faciès, de préciser davantage :

La discordance Houiller-Grès d'Allevard semble bien traduire l'absence de l'Autunien. Par suite, les couches I et II avec leur faciès de terrains d'épandage désertique doivent représenter un Saxonien inférieur.

Les couches III à VII et leurs dolomies ne sont pas sans analogie avec le Zechstein et les dolomies du bassin de Villé. Elles traduisent un épisode lagunaire et moins sec que le précédent, d'où la présence d'Equisetales.

Les grès roses et schistes violacés (VIII à XI) franchement continentaux, marquent un changement de conditions météorologiques et paléogéographiques rappelant celui qui a présidé à l'apparition des formations salifères du Thuringien supérieur. Cependant la présence de *C. Cisti* oblige à laisser les couches dolomitiques dans le Saxonien et à faire des couches VIII et suivantes une base possible du Thuringien, peut-être complet en raison de la concordance du Trias.

Les grès d'Allevard apparaîtraient ainsi comme un Permien dépourvu d'Autunien par suite d'une discordance tectonique Allobrogienne, et dont les faciès montrent des variations des conditions de sédimentation semblables à celles du Permien Allemand, mais beaucoup plus précoces.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Radiogoniométrie des atmosphériques à bord du « Commandant Charcot ». Identification d'un foyer ouest-africain.* Note (*) de MM. **Robert Bureau** et **Michel Barre**, présentée par M. Pierre Lejay.

Au cours de sa seconde campagne vers la Terre Adélie, le *Commandant Charcot* a poursuivi l'étude des parasites atmosphériques entreprise l'an dernier. Un radiogoniomètre cathodique a permis de localiser ainsi un foyer d'Afrique occidentale présentant un certain caractère de permanence.

Au cours de la deuxième campagne du *Commandant Charcot* vers la Terre Adélie (octobre 1949 - juin 1950) [1], l'équipement radioélectrique de ce

(*) Séance du 30 octobre 1950.

(1) Pour la première campagne voir *Comptes rendus*, 229, 1949, p. 525 et 626.

bâtiment a été complété par un radiogoniomètre cathodique fourni par le Laboratoire National de Radioélectricité, onde de 27,5 kc/sec (11000^{m}), enregistrement photographique toutes les deux heures, ou plus serré au besoin, pose 2 minutes par cliché suivant la méthode de Rivault et Haubert (2).

Voici un exemple relatif au foyer continental africain dont l'importance avait déjà été signalée dans des travaux antérieurs et remarquée au cours de la première campagne. La figure 1 montre un maximum d'après-midi assez tardif entaillé par une crevasse au coucher du Soleil (courbe enregistrée à Dakar du 2 au 3 octobre 1949). Cette courbe semble correspondre à un foyer en Afrique occidentale. Le radiogoniomètre cathodique confirme l'importance, à 16^{h} T. U., d'un foyer en Afrique occidentale. La figure 2*a* rassemble les indications fournies à 16^{h} T. U. par cet appareil les 27, 28 et 29 septembre, les 8, 9 et 10 octobre et les 14, 15 et 16 octobre 1949. Les figures 2*b* et 2*c* reproduisent à grande échelle les photographies des goniogrammes relatifs au 29 septembre et au 8 octobre 1949. Chacun de ces goniogrammes présente des groupes de directions qui correspondent à des sources d'après-midi et qui s'orientent toutes vers une région centrée approximativement sur Bamako et couvrant la Guinée, une partie de la Libéria et de la Côte d'Ivoire. Les autres goniogrammes des mêmes jours confirment que cet ensemble de foyers, apparaît entre 14^{h} T. U. et 16^{h} T. U. et se maintient encore à 18^{h} sensiblement dans les mêmes limites. On notera au passage que l'heure locale moyenne de cette zone peut se déduire de l'heure T. U. par soustraction de 40 minutes, ce qui donne au foyer une existence comprise entre 14^{h} et 18^{h} locales environ. La période orageuse d'une région continentale semble donc plus tardive qu'il ne l'avait été estimé dans les études précédentes.

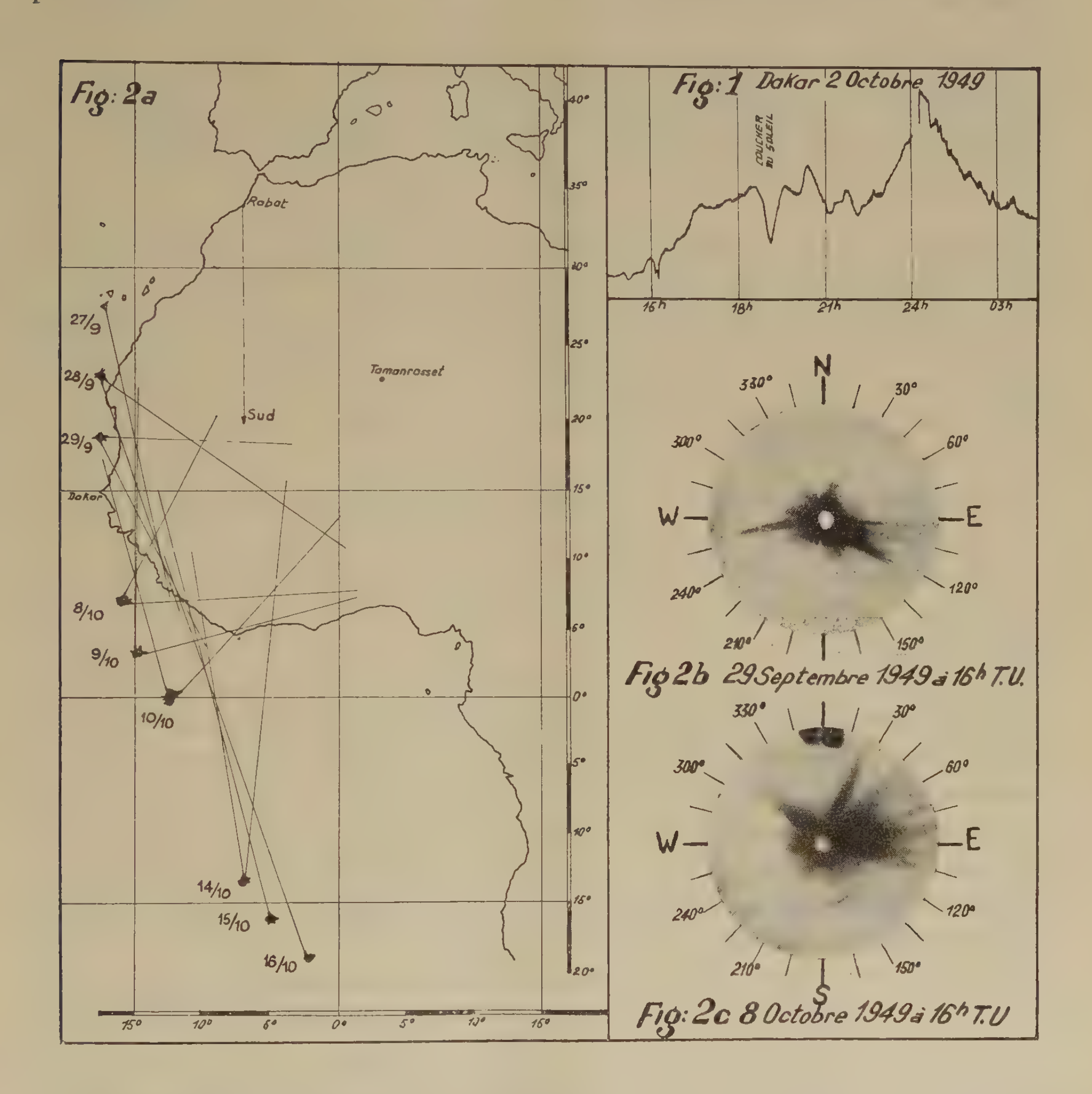
Il a paru intéressant de rechercher, dans les goniogrammes des autres stations, des relèvements de ce foyer. Le tableau ci-dessous donne pour 12^{h}, 14^{h}, 16^{h} et 18^{h} T. U., le nombre de fois où un foyer d'atmosphériques a été relevé dans un secteur donné, pendant le mois d'octobre 1949, à Rabat. La direction

	Rabat.					
	E.	E-S-E.	S-E.	S-SE.	S.	S-S-W.
12^{h}	–	–	17	10	1	–
14^{h}	–	–	15	16	1	–
16^{h}	–	–	3	20	22	4
18^{h}	–	–	–	–	24	10

la plus fréquente observée est le Sud. On constate de plus l'apparition rapide d'un foyer sud entre 15^{h} et 16^{h} T. U., ce qui est confirmé par les observations du *Commandant-Charcot*. L'examen des enregistrements de niveau moyen

(2) Notes préliminaires n°s 66 et 67 du Laboratoire National de Radioélectricité.

effectués à Tamanrasset au cours de l'année polaire ([3]), pendant le mois de septembre 1933, montre que le maximum d'après-midi se situe toujours à 16h T. U., ou même plus tard, ce qui est en accord avec les observations précédentes.



Cet ensemble d'observations confirme l'existence régulière, tout au moins en automne, du foyer continental A 3 signalé dès 1934 ([4]), ainsi que la grande portée de certains atmosphériques diurnes qui avait déjà été vérifiée lors de la première campagne ([1]).

([3]) R. Bureau et Failletaz, *Les atmosphériques pendant l'année polaire* 1932-1933.

([4]) R. Bureau, *Mémorial* n° 25 *de l'Office national météorologique*, p. 49 et 50.

OCÉANOGRAPHIE. — *Mécanisme de la submersion profonde des reliefs originellement subaériens.* Note (*) de MM. **Robert Fouet** et **André Cailleux**, transmise par M. Pierre Pruvost.

Les reliefs jadis subaériens, aujourd'hui immergés jusqu'à 2000^m, ne peuvent s'expliquer par l'hypothèse de Shepard (baisse du niveau marin lors des glaciations quaternaires), parce que la salinité corrélative de 67 à 114^g par litre est incompatible avec la vie de nombreuses espèces. Ainsi se confirme l'hypothèse de Bourcart : affaissement des fonds océaniques, avec flexure continentale.

Il résulte des très nombreux sondages et draguages des dix dernières années (¹) que le fond de plusieurs océans porte des reliefs rocheux sous-marins, les *guyots*, culminant entre 800 et 2000^m au-dessous du niveau actuel de la mer, et dont l'aplanissement du sommet n'est explicable en plusieurs cas que par une érosion ayant agi au-dessus de la mer ou à son niveau; et d'autre part, le long des côtes les plus diverses, plateau et talus continental sont entaillés par des vallées sous-marines (canyons) descendant jusqu'à 1800 et 2000^m, parfois 2700^m (²) et dont la topographie (méandres, affluents), identique à celle des vallées subaériennes, et souvent dégagée aux dépens de roche dure, implique ablation par un courant, non pas lent et en nappe comme les courants de fond marin, mais bien rapide et linéaire, comme ceux des fleuves terrestres.

Pour expliquer que des formes, ainsi engendrées jadis à l'air libre, soient aujourd'hui immergées par 2000^m de fond, Bourcart (¹) invoque la flexure continentale (ploiement du socle rocheux, à la limite continent-océan, l'océan s'affaissant). Shepard, au contraire (³), suppose que l'abaissement eustatique du niveau marin consécutif à l'emmagasinage d'eau, sous forme de glace d'eau douce, dans les inlandsis quaternaires, aurait largement dépassé les 100 à 150^m communément admis par les glaciologues et aurait atteint 1300^m; d'où, compte tenu de la réaction isostatique, les quelques 1800 à 2000^m observés.

Mais une erreur s'est glissée dans le calcul de la correction isostatique. Considérons en effet une cuvette océanique C, un continent glacié G et un continent non glacié N. Une hauteur d'eau H s'évaporant de C pour aller se condenser en G est compensée, en profondeur, par l'arrivée sous C d'une épaisseur x de matière lourde, venant de sous G; admettons que la densité d en est voisine de 3. L'équilibre isostatique s'écrit

$$1\,H = 3x, \qquad \text{d'où} \qquad x = H : 3.$$

(*) Séance du 30 octobre 1950.

(¹) *C. R. Som. Soc. Biogéog.*, n° 230, 1950, p. 2-13.

(²) P. G. Worcester, *A text-book of geomorphology*, 2e édit., Toronto, 1948.

(³) *Submarine geology*, New-York, 1949, 338 p.

Un observateur *posté sur un continent non glacié* N note alors un abaissement apparent h du niveau marin

$$h = H - x = 0,67\,H, \qquad \text{d'où} \qquad H = 1,5\,h.$$

L'érosion subaérienne s'exerce jusqu'à la profondeur h. Puis, lors de la déglaciation, eau et matière lourde profonde regagnent chacune leur emplacement originel, et les reliefs précédemment subaériens sont maintenant immergés jusqu'en h. On voit que la hauteur d'eau supposée évaporée H n'est pas égale à $0,67\,h = 1300^{m}$ environ, comme Shepard l'avait admis par inadvertance, mais bien à $1,5\,h = 3000^{m}$ environ.

Connaissant ([4]) le volume total des océans ($1330.10^{6}\,km^{3}$) et les surfaces limitées par les différentes isobathes, d'après la carte internationale des Océans, il est aisé de calculer la salinité (en gramme par litre) qu'aurait l'eau marine restant après évaporation d'une tranche de H mètres

H(m).......	0	200	1000	1300	1830	2000	3000
S(g/l).......	35	37	46	51	63	67,5	114

Or, peu d'êtres vivants peuvent supporter de telles augmentations de salinité. Même quand celles-ci sont lentes et progressives, l'algue *Ulva latissima* meurt à $39^{g},2$, les Poissons *Syngnathus* à 41; *Gobius* à 45,55; *Pleuronectes* (plies et carrelets) entre 44,5 et 46,3, *Spinachia* à 46,3, *Labrus* à 49; le Crustacé *Pagurus* à 42 ([5]). *Anguilla vulgaris* ([6]) et le Gastéropode *Haminea hydatis* adulte ([7]) meurent à 46, *Mytilus edulis* ([8]) à 52,5. Sur 16 espèces de Coraux des Hawaï vivant normalement dans des eaux à 32,8 ou 33, 13 meurent en 1 à 21 jours dans l'eau à 36; 14 en 1 à 22 jours dans l'eau à 41; toutes meurent en moins d'un jour dans l'eau à 49 ([9]). Dans l'hypothèse d'une régression, même réduite à 1000^{m}, les Coraux n'auraient pu trouver refuge contre la forte salinité corrélative (46^{g}) ni dans les eaux de fonte glaciaires, évidemment trop froides, ni dans les embouchures des grands fleuves, trop sales; ils auraient donc disparu. Une régression de 2000 à 3000^{m}, avec salinité corrélative de 67 à 114^{g}, aurait provoqué l'extermination de la grande majorité des espèces marines actuellement existantes.

Ainsi l'hypothèse de Shepard, déjà bien difficile à admettre pour les glaciologues, se heurte à des objections biologiques insurmontables. Pour expliquer l'actuelle submersion, par 1000 à 2000^{m} dans toutes les parties du monde, de

---

([4]) Cl. Francis-Boeuf, *Les Océans*, Coll. *Que sais-je*, 128 p., Paris, 1947.

([5]) P. Bert, *C. R. Soc. Biol.*, 37, 1885, p. 527.

([6]) M. Duval et P. Portier, *Comptes rendus*, 175, 1922, p. 324.

([7]) C. Scordia, *Boll. Soc. Biol. Sperim.*, 1, 1926, p. 749.

([8]) H. Bouxin, *Bull. Inst. Océanog.*, n° 569.

([9]) C. H. Edmonson, *Bernice P. Bishop Museum, Bull.*, 45, p. 1-64, 25 tabl., Honolulu, 1928.

reliefs jadis subaériens, on est ainsi conduit à imaginer un affaissement d'ensemble des fonds océaniques, peut-être consécutif, selon l'un de nous ([10]), à la surcharge due à la sédimentation, au cours des temps; les continents se soulevant, par réaction isostatique à l'érosion, la zone limite se serait trouvée ployée. On rejoint ainsi la notion de flexure continentale, jadis pressentie par J. Walther et Salisbury, puis méconnue, et récemment reprise avec vigueur, faits nouveaux à l'appui, par Jacques Bourcart ([1]).

LIMNOLOGIE. — *Étude limnologique d'un lac marocain, l'Aguelmane Azigza.* Note de M. **Jean-B. Panouse**, présentée par M. Louis Fage.

Par ses caractères physico-chimiques, l'Aguelmane Azigza, lac du Moyen Atlas marocain, se classe dans les lacs tropicaux. Sa biologie présente de grandes ressemblances avec celles de certains lacs oligotropes alpins. Il est malheureusement en régression très nette.

A ma connaissance, aucune étude scientifique approfondie n'a été faite jusqu'ici des lacs naturels de l'Afrique du Nord; les recherches de Gauthier sur les eaux douces d'Algérie sont purement biologiques. Pour le Maroc au moins, des travaux locaux ont été rédigés par le personnel de la Direction des Eaux et Forêts du Protectorat, mais la plupart d'entre eux n'ont pas été publiés : il s'agissait d'ailleurs de descriptions morphologiques plus que d'études de limnologie véritable.

La présente Note préliminaire concerne l'Aguelmane Azigza, magnifique lac du Moyen Atlas marocain situé en pays zaïan, à une trentaine de kilomètres de Khénifra. J'ai commencé son étude physico-chimique en novembre 1948 et depuis cette date, j'ai procédé, avec la collaboration de mes collègues de l'Institut scientifique chérifien et l'aide précieuse du Service des Eaux et Forêts, a des relevés périodiques, effectués en principe tous les trimestres.

L'Aguelmane Azigza repose, à 1700^{m} d'altitude, au fond d'une cuvette dont les bords, sur trois côtés, sont abrupts, parfois verticaux; son origine n'est pas très claire : peut-être s'agit-il d'une doline. Les dimensions du bassin sont à l'heure actuelle de 1600^{m} sur 650 environ. La profondeur maximum sondée est de 35^{m},8; étant donné la densité des points de sondage, il est peu probable que la plus grande profondeur dépasse beaucoup 36^{m}.

La température a été relevée au thermomètre à renversement pour les différentes profondeurs. Au-dessous de 20^{m} elle est pratiquement constante pendant toute l'année et voisine de 7-8°C. En surface, au contraire, les variations sont fortes : les extrêmes mesurés sont 8°,9 (mars 1949) et 23°,1 (août 1949).

([10]) A. Cailleux, *Zeitschr. Deutsch. Geol. Ges.*, Tagung, München, 1950.

On constate l'existence d'un thermocline très net pendant toute l'année, sauf à la fin de l'hiver. La couche de saut thermique se situe entre 10 et 16^m et en août 1949, la baisse de température dans cette zone atteignait près de 3° par mètre. En mars, au contraire, la température décroissait d'une manière régulière et très lente avec la profondeur : il n'y avait à cette époque que 2°,4 d'écart entre les températures à 0 et 27^m.

Ces caractéristiques permettent de considérer l'Aguelmane Azigza comme un lac tropical de second ordre dans la classification de Forel-Whipple puisque sa température de surface est toujours supérieure à 4° C, que celle du fond varie peu et qu'il existe une période de brassage des eaux en hiver.

Si l'on étudie la teneur de l'eau en oxygène, on constate qu'elle est le plus souvent égale à la saturation en surface. Par contre elle est toujours très faible dans les fonds malgré la basse température de ceux-ci. En août 1949, l'eau superficielle à 23°,1 contenait 5$^{cm^3}$,5 d'oxygène par litre et cette teneur montait même à 7$^{cm^3}$,3 à 10^m de profondeur (18°,3), mais elle n'était déjà plus que de 3$^{cm^3}$,4 à 17^m,50 et tombait à moins de 1$^{cm^3}$ à 25^m. Les taux d'oxygène dissous sont dans l'ensemble un peu supérieurs au printemps, un peu inférieurs en automne, surtout dans les fonds.

Par le type de sa végétation, limitée à une ceinture discontinue et peu large de plantes en grande partie submergées (algues et renoncules), par ses caractéristiques thermiques et ses teneurs en oxygène, l'Aguelmane Azigza se rapproche beaucoup des lacs oligotropes alpins d'Europe. Cependant il est beaucoup plus pauvre en oxygène dans les grands fonds et il faut attendre l'étude complète du matériel biologique qui a été récolté au cours de ces recherches pour pouvoir lui assigner un type défini. Disons tout de suite que la faune de Copépodes et d'Ostracodes ne semble pas différer essentiellement de ce qu'on connaît dans les lacs européens, ce qui montre une fois de plus l'ubiquité de beaucoup de formes dulcaquicoles. Peut-être l'étude des nombreuses larves d'Insectes recueillies dans les fonds et au voisinage immédiat des rives permettra-t-elle cependant de préciser les caractères de ce type de lacs.

Je dois enfin signaler le recul inquiétant du lac. Entre mes premières observations de novembre 1948 et celles d'octobre 1949, le niveau avait baissé de 1^m,30 environ ; il est maintenant encore plus bas. Comme l'Aguelmane Azigza n'a pas d'affluents (sauf des sources qui se tarissent les unes après les autres), il faut admettre que l'apport des pluies ou de la neige ne compense pas les pertes par évaporation ; peut-être aussi le fond du bassin n'est-il pas complètement étanche. En tous cas, si ces phénomènes se poursuivent avec leur rythme actuel, il faut envisager la disparition, ou au moins la réduction extrême, de ce beau lac du Maroc.

BOTANIQUE. — *Sur l'existence du mode apotrope de dorsiventralité dans les rameaux végétatifs de l'Orme champêtre* (Ulmus campestris *L.*). Note (*) de M. **François Bugnon**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Dans une Note antérieure (1) nous avons attiré l'attention sur le mode apotrope de dorsiventralité présenté par les sarments de la Vigne, ce mode d'organisation dorsiventrale ne paraissant pas avoir été reconnu jusque-là pour des rameaux végétatifs; un deuxième exemple, particulièrement net, en est fourni par l'Orme champêtre (*Ulmus campestris* L.); il est vraisemblable qu'on en trouvera nombre d'autres cas.

Chez l'Orme, comme chez la Vigne, les rameaux végétatifs ont une phyllotaxie alterne-distique et les plans phyllotaxiques des rameaux d'ordres successifs se croisent à peu près à angle droit, au moins à l'origine; ces rameaux présentent une dorsiventralité très accusée, dont on trouve décrits les caractères les plus évidents dans tous les Traités de Morphologie : c'est ainsi que, les deux stipules d'une feuille étant inégales, on voit toutes les petites stipules sur la même face d'un rameau donné, toutes les grandes s'insérant sur l'autre face; c'est ainsi encore que, le limbe des feuilles étant plié en long dans le bourgeon suivant sa nervure principale, de manière que ses deux moitiés s'appliquent l'une contre l'autre par leur face supérieure ou ventrale (préfoliation condupliquée) et que le pli croise plus ou moins obliquement le plan phyllotaxique du rameau, toutes les nervures principales ont leur dos tourné vers la même face du rameau (*fig.* 7, f_6 et f_7). Jusqu'ici, toutefois, il semble qu'on n'ait pas considéré la position des préfeuilles des bourgeons axillaires d'ordre $N+2$ par rapport aux deux faces du rameau d'ordre $N+1$; les figures jointes et la description détaillée qui leur correspond viennent combler cette lacune et permettre de fixer le mode de dorsiventralité des rameaux de l'Orme.

Figures 1 *à* 7. — Ces figures sont tirées d'une série de coupes transversales au microtome, après inclusion à la paraffine, dans un bourgeon axillaire d'*Ulmus campestris* L.; ce bourgeon, formé dans l'aisselle d'une feuille F_n portée par un rameau d'ordre N, manifestait un début de développement anticipé; on trouve facilement, en été, notamment sur les rejets vigoureux nés sur souches d'arbres coupés, des bourgeons anticipés à développement plus ou moins avancé en rameaux; le bourgeon étudié, d'ordre $N+1$, avait une longueur totale de 8^{mm} environ et comportait 14 jeunes feuilles; des bourgeons d'ordre $N+2$, à divers stades de développement, étaient reconnaissables dans l'aisselle des dix premières feuilles. Les deux feuilles de la base du bourgeon $N+1$ sont deux préfeuilles scarieuses typiques, désignées la première par α_1, la deuxième par β_1; elles restent insérées dans le fond de l'aisselle de F_n, à l'extrême base du rameau $N+1$; les trois feuilles suivantes, e_3,

(*) Séance du 30 octobre 1950.

(1) *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 2222.

e_4, e_5, sont encore des écailles, mais elles sont séparées par de courts entre-nœuds ; les feuilles pourvues de stipules, pétiole et limbe différenciés, commencent à partir de la sixième, f_6, f_7, f_8, ... La coupe de la figure 1 passe un peu au-dessus de l'insertion des deux préfeuilles et intéresse, outre celles-ci et leurs bourgeons axillaires, le rameau N et le pétiole de F_n; on n'a représenté, pour tous les bourgeons axillaires, que leurs deux préfeuilles, α_2 et β_2. Les coupes des figures 2 à 7 passent respectivement un peu au-dessus du nœud de chacune des feuilles successives, e_3 à f_8 et intéressent les bourgeons axillaires de ces feuilles ; sur les figures 5 et 7, la coupe passe en outre dans le nœud de la feuille immédiatement supérieure, f_7, f_9 ; sur les figures 5 à 7, on aperçoit la coupe des stipules des feuilles f_6 à f_8, la petite stipule d'une feuille étant désignée par *st*, la grande par ST ; sur les figures 6 et 7, on voit la coupe des limbes pliés des feuilles f_6 et f_7.

Sur toutes les figures, on reconnaît que les préfeuilles α_2 des bourgeons axillaires N + 2 sont du côté de la feuille axillante F_n, c'est-à-dire du côté ventral du rameau d'ordre N + 1, donc en position apotrope. Les petites stipules, le dos des nervures principales des jeunes limbes sont également du côté ventral du même rameau.

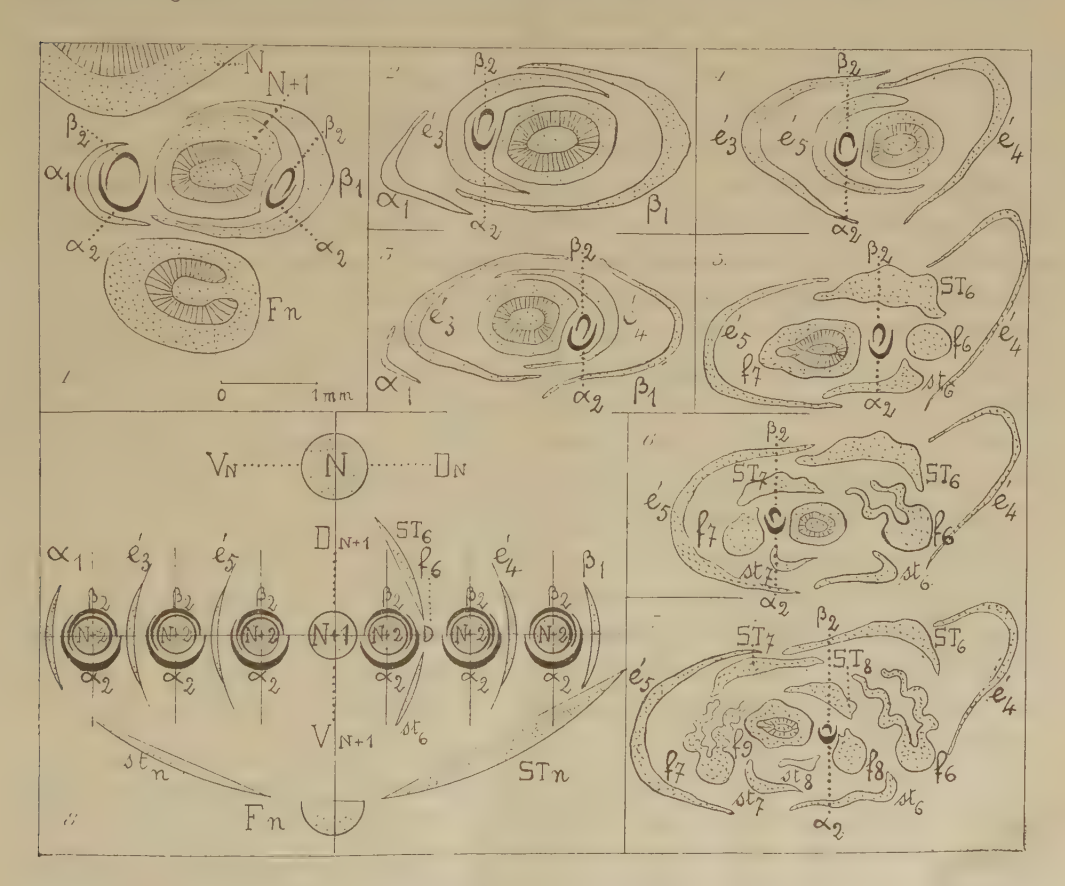


Figure 8. — Le diagramme de la figure 8 traduit cette disposition d'ensemble pour les six premières feuilles de N + 1 ; les faces dorsales et ventrales y sont désignées par D_N et V_N pour le rameau N, par D_{N+1} et V_{N+1} pour le rameau N + 1 ; les plans phyllotaxiques des rameaux d'ordres N, N + 1, N + 2 y sont représentés en trait plein.

Le mode apotrope de dorsiventralité reconnu d'abord dans les rameaux

végétatifs de la Vigne, se rencontre également dans ceux de l'Orme champêtre; nous l'avons observé en outre chez diverses Ampélidacées; il existe probablement chez les Ulmacées en général; il apparaît plus répandu qu'on ne le pensait.

BOTANIQUE. — *Sur un type particulier de noyau trouvé dans des* Hyménoptérocécidies. Note de M. **Raymond Garrigues**, présentée par M. Raoul Combes.

Le tissu nourricier des cécidies dues aux Cynipides *Andricus curvator* Hartig et *Neuroterus baccarum* L. sur *Quercus robur* L., renferme des noyaux fortement hypertrophiés dont la structure est particulièrement intéressante. La chromatine s'y répartit sous forme de bandes rectangulaires larges et longues, d'aspect réticulé, dont la forme et le nombre rappellent les chromosomes habituels. Ces noyaux que l'on peut qualifier de pseudo-télophasiques présentent un type nucléaire particulier.

Le tissu nourricier des galles de Cynipides montre, dans la ou les deux assises sous-jacentes à l'assise limitante de la cavité gallaire, particulièrement riches en cytoplasme, des noyaux intéressants. Ces noyaux sont volumineux par rapport au noyau normal et atteignent de cinq à sept fois les dimensions de celui-ci. Faiblement irréguliers de contour et parfois plaqués contre les vacuoles qui occupent une partie de la cellule, ils ont une membrane souvent difficile à mettre en évidence et un nucléole extrêmement gros. Dans la plupart des cas leur structure reste inchangée, identique à celle du noyau normal, réticulée par exemple. Comme aucune anomalie mitotique ne vient expliquer la formation de pareils noyaux, on est obligé d'admettre que l'augmentation de chromatine que l'on constate se produit directement, sans qu'il y ait en individualisation des éléments chromosomiques.

Cependant, comme nous l'avons indiqué dans une précédente Note [1], dans un petit nombre de ces cécidies de Cynipides, s'observent, pour ces noyaux, des changements structuraux. Pour préciser nous dirons que nous les avons rencontrés dans les deux galles suivantes : celle d'*Andricus curvator* Hartig et celle de *Neuroterus baccarum* L., toutes deux produites sur le même arbre : *Quercus robur* L.

La structure de ces deux galles est légèrement différente en ce qui concerne leur anatomie. La galle d'*Andricus curvator* Hartig présente en dedans d'un épiderme banal un cortex parenchymateux limité intérieurement par une gaine lignifiée; celle-ci se relie, par l'intermédiaire d'un petit nombre d'assises cellulaires pauvres en matière vivante, à une seconde gaine lignifiée entourant directement le tissu nourricier. La cécidie de *Neuroterus baccarum* L. ne montre

---

(1) *Bull. de la Soc. Bot. Fr.*, 94, (n° 3-4), 1947, p. 115-116.

pas de gaines lignifiées et l'épiderme général enveloppe un cortex entièrement parenchymateux qui fait place progressivement au tissu nourricier reconnaissable par sa richesse en cytoplasme. Dans les deux cécidies les tissus nourriciers ont sensiblement les mêmes caractères et l'on retrouve dans chacun d'eux, en bordure de la cavité larvaire, le même type de noyau.

Dans ce noyau quiescent la chromatine présente une structure vraiment particulière. Elle se répartit sous forme de bandes larges, régulières, le plus souvent nettement isolées les unes des autres, quelquefois reliées aux bandes voisines par des filaments garnis de points rougeâtres (2). Les unes sont droites; les autres se terminent en crochet soit à un bout soit aux deux bouts; elles peuvent présenter encore des formes en V ou en U; enfin elles paraissent s'appliquer contre la paroi nucléaire ou traverser le noyau. Ces bandes rectangulaires sont elles-mêmes constituées par un réticulum fin, aux bords effrangés, qui semble constitué par trois ou quatre « lignes » de granulations reliées entre elles dans le sens longitudinal et transversal, ou encore par deux lignes épaisses de chromatine, anastomosées par des tractus obliques ou sinueux. La numération de ces formations si particulières à tant d'égards est difficile du fait de leur longueur qui entraîne leur repliement dans le noyau, en deux ou trois parties par exemple; les deux ou trois coupes successives qui, en général, se partagent la totalité du noyau, peuvent par suite contenir deux ou trois fragments du même élément. Les chiffres obtenus sont égaux ou voisins de 12, 24 et même 48, les noyaux à 48 bandes étant les plus rares. Ces chiffres correspondent au nombre n, $2n$, $4n$ de l'espèce : il est probable qu'il y a identité entre le nombre trouvé et le nombre haploïde, diploïde et tétraploïde de l'espèce.

Ces bandes par leur aspect rappellent les chromosomes télophasiques en voie d'alvéolisation, mais ici ces chromosomes seraient beaucoup plus larges que d'habitude et en outre beaucoup plus longs. Dans ces noyaux, que l'on peut qualifier de *pseudo-télophasiques*, il semble que l'on ait affaire à des éléments chromonématiques anastomosés et complètement déroulés, ce qui pourrait expliquer leur longueur inhabituelle. A la fin de la vie gallaire ces noyaux gardent en général leur structure, mais nous avons, dans quelques cas, observé un retour à la forme réticulée normale, d'ailleurs d'une manière plus ou moins parfaite.

Les autres noyaux du tissu nourricier montrent des aspects légérement différents. Les plus éloignés de la cavité gallaire sont d'un type voisin du noyau normal, quoique légèrement plus gros; puis, au fur et à mesure que l'on se rapproche de celle-ci, on voit se dégager dans le noyau quiescent, qui s'hypertrophie de plus en plus, des travées chromatiques; celles-ci s'épaississent

(2) Après fixation au Helly et coloration au Feulgen.

en même temps qu'elles prennent une allure réticulée, et l'on passe ainsi au noyau curieux décrit ci-dessus.

Ce type de noyau, pseudo-télophasique, non encore signalé, du moins à notre connaissance, est intéressant en tant que type nucléaire particulier.

BOTANIQUE. — *Filamentisation des cellules néoformées sur des fragments de tiges d'*Aucuba japonica *cultivés* in vitro. Note de M. **François Nysterakis**, présentée par M. Raoul Combes.

Les fragments des tiges d'*Aucuba* en culture aseptique forment de volumineux cals. Ils sont constitués principalement par des cellules disposées en files fortement ramifiées au lieu d'être disséminées sans ordre. Il s'agit là d'une différence fondamentale qui sépare le mode de développement de la partie néoformée de cette plante de celui observé sur les tissus d'autres végétaux cultivés *in vitro*.

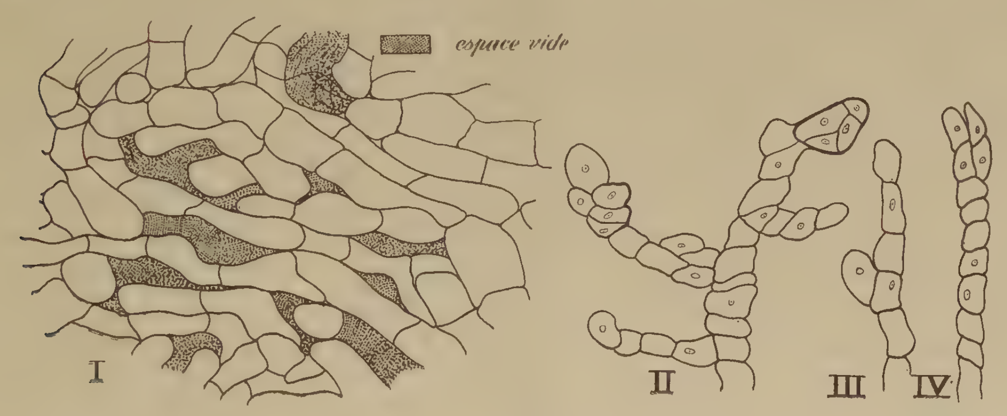
Il est démontré que certaines cellules disséminées à la surface des fragments d'organes végétaux cultivés *in vitro* (ou simplement gardés dans une atmosphère humide) donnent naissance à des files pluricellulaires ramifiées qui présentent des analogies avec les thalles de champignons et que Gautheret appela pour cette raison pseudothalles. On n'observe pas ces formations particulières dans tous les cas de tissus cultivés ni pendant tout le cycle du développement de la partie néoformée. Les pseudothalles ont donc un caractère éphémère et leur importance dans le développement des tissus néoformés est considéré comme négligeable.

J'ai signalé [1] que les cellules bien différenciées de la moelle d'*Aucuba*, cultivée seule, prolifèrent et donnent de longs arbuscules filamenteux. J'ai voulu voir par la suite si les autres tissus de la même plante présentaient également cette particularité, lorsqu'on les cultive isolément ou associés. Pour le moment je n'insisterai que sur la prolifération des fragments des tiges pourvues de tous leurs tissus, y compris l'épiderme.

La prolifération débute par celle des cellules cambiales et corticales pour gagner rapidement les cellules médullaires. Après deux mois environ, un cal volumineux coiffe la section libre. Incolore au début, il devient par la suite fortement chlorophyllien. Sa surface, lisse en apparence est, en réalité, couverte de minuscules pseudothalles, surtout au début et à la fin de sa formation. Dans la constitution de la partie néoformée, la participation du cambium peut être négligeable lorsqu'il se borne à donner une mince couche de bois et de liber, interposée entre les tissus homologues préexistants. L'examen de coupes relativement épaisses (de 20^{μ} et plus) montre un parenchyme homogène au sein duquel quelques cellules se lignifient et d'autres

(1) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2173.

forment de petits nodules ligneux entourés ou non d'un tissu méristématique. Mais, dans d'autres cas, une couche de zone génératrice, donnant du bois intérieurement et du liber extérieurement, prend naissance à la limite de la section initiale, séparant ainsi le tissu néoformé, d'apparence parenchymateuse, du cylindre central préexistant. A première vue il semble donc que dans les grande lignes le développement du cal, emprunterait des modalités analogues à celles établies lors de la prolifération des fragments d'organes d'autres végétaux. L'examen plus attentif des coupes en séries très minces (5 à 10^{μ}) nous montre néanmoins que les cellules qui constituent les tissus compacts, d'apparence parenchymateuse, sont en réalité, disposées en file ramifiée (*fig.* 1). Mais la preuve décisive ne peut être donnée qu'après dissociation préalable d'un tissu néoformé par l'hypochlorite de soude, la potasse ou la soude caustique.



En s'arrêtant à temps, il est possible d'obtenir l'étalement du tissu dans une goutte de liquide entre lame et lamelle et de faire apparaître avec netteté la forme et la disposition des cellules (*fig.* II, III et IV). Les parois très minces et peu rigides des cellules disposées en file, n'offrent pas un sérieux obstacle à la progression des cellules environnantes. Quelques-unes d'entre elles peuvent se déplacer sans que la continuité de la disposition en file soit rompue, se déformer ou se laisser contourner par d'autres, parfois même s'élargir démesurément pour occuper des espaces laissés vides. La cellule terminale de chaque ramification peut se diviser en deux ou parfois en plusieurs cellules. Dans ce dernier cas les cellules filles restent longuement enfermées dans la paroi de la cellule mère; Gautheret a déjà observé ce mode de multiplication sur des cellules parenchymateuses d'autres tissus en culture. La croissance de ces cellules donne naissance à une ou plusieurs ramifications. Le même phénomène s'observe d'ailleurs dans le cas des cellules médianes. L'intense prolifération des cellules néoformées sur un fragment de tiges d'*Aucuba* engendre un enchevêtrement poussé des cellules filamenteuses conférant aux tissus néoformés une certaine compacité.

A la place du tissu parenchymateux observé sur la partie proliférée des tissus végétaux cultivés jusqu'à ce jour, on trouve donc chez les tissus d'*Aucuba*, un tissu compact dont les cellules sont disposées en files ramifiées.

Avec les données concernant les pseudothalles, la ressemblance morphologique entre les cellules proliférées d'une Phanérogame et la disposition des cellules des Thallophytes pourrait inciter à des réflexions fécondes les esprits que préoccupent particulièrement les problèmes de l'évolution.

ALGOLOGIE. — *Les cellules nageuses des Algues dans l'embranchement des Chlorophycées*. Note (*) de M. **Marius Chadefaud**, présentée par M. Roger Heim.

Du point de vue morphologique, en ce qui concerne les cellules nageuses, on observe chez les Chlorophycées le même type primordial (type A) que chez les Chromophycées. Mais à partir de ce type, les cellules nageuses de quelques Chlorophycées seulement ont évolué dans le même sens que celles des Chromophycées. Chez l'immense majorité des espèces, l'évolution a été tout autre. Elle a abouti à un type tout à fait différent, de sorte qu'en ce qui concerne leurs cellules nageuses les embranchements des Chloro- et des Chromophycées sont en gros, non pas parallèles, mais divergents. Cela résulte de l'étude des quatre classes de Chlorophycées ([1]), qui peut se résumer ainsi :

a. Classe des *Zygophycinées* (ou Conjuguées) : pas encore (ou plus ?) de cellules nageuses, pas même les gamètes, car les zygotes résultent d'une cystogamie.

b. Classe des *Prasinophycinées* (ordre des Pyramidomonadales) : cellules nageuses semblables, d'abord à celles du type A des Chromophycées, avec symétrie axiale et fouets isokontes insérés au fond d'un *cratère vestibulaire*, ou *infundibulum*, creusé dans le pôle apical (*fig.* 1 ; g. *Pyramidomonas*, *Platymonas*, *Prasinocladus*, *Chlorodendron*, etc.), ensuite à celles du type B, le cratère étant égueulé en une *tranchée* longitudinale-ventrale, et la disposition des fouets devenant amphikonte (*fig.* 2; g. *Trichloris* de Pascher, avec deux fouets antérieurs et un postérieur, celui-ci plus puissant; le g. *Dangeardinella* peut se rattacher à ce même type, par réduction du nombre des fouets à deux, l'un antérieur onduleux, l'autre postérieur plus raide, et oblitération du cratère et du fossé vestibulaires).

c. Classe des *Euchlorophycinées* (comprenant la plupart des Chlorophycées, des Ulotrichales aux Chlamydomonadales) : cellules nageuses du type, non plus *infundibulate*, comme chez les précédentes, mais *papillate*, la fosse vestibulaire

(*) Séance du 30 octobre 1950.

([1]) M. Chadefaud, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 788-790.

ayant disparu, pour faire place à une *papille* protoplasmique apicale plus ou moins distincte, chargée de porter les fouets. Cette papille est généralement petite. Elle peut être coiffée, comme chez nombre de *Chlamydomonas* et de *Carteria*, d'une papille membranaire, avec laquelle elle ne doit pas être confondue (*fig.* 7). Sur les zoospores des *Œdogonium* et *Derbesia*, elle s'est transformée en une large calotte aplatie, portant sur ses bords une couronne de fouets (*fig.* 6). En règle générale, les fouets dont elle est garnie sont isokontes et acronématés. L'évolution qui a conduit à sa formation, tout à fait

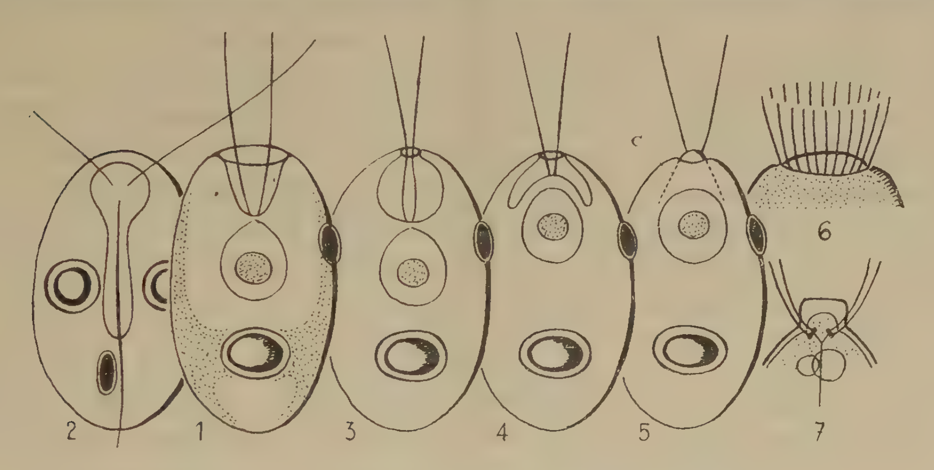


Fig. 1 à 7. — Cellules nageuses des Chlorophycées (schémas).

différente de celle qui se suit chez les diverses Chromophycées, est probablement celle que suggère l'étude des Prasinophycinées des g. *Prasinocladus* et *Chlorodendron*, chez lesquelles, à certains stades, on voit s'oblitérer le cratère vestibulaire ([2]). Elle doit donc pouvoir se résumer ainsi :

1° ce cratère s'est transformé, par rapprochement de ses bords, en une chambre globuleuse, ne communiquant plus avec l'extérieur que par un étroit pore apical (*fig.* 3);

2° ensuite, cette chambre est devenue virtuelle, puis a disparu, par soulèvement de son plancher, qui est venu s'appliquer contre le plafond, et s'unir à celui-ci (*fig.* 4 et 5);

3° la papille représente la partie centrale du plancher, porteuse des fouets, qui après ce soulèvement fait saillie par le pore de la chambre (*fig.* 5). Il n'est pas impossible qu'un vestige de celle-ci subsiste encore chez quelques espèces, comme *Stephanoptera gracilis*, chez qui, sur des individus tués par la solution iodo-iodurée, j'ai observé entre le noyau et la papille apicale une formation conique, entourée de corps qui sont peut-être (?) des dictyosomes ou des parabasaux, et disposée à peu près comme le cône *c* de la figure 5. Mais en général

---

([2]) M. Chadefaud, *La Revue scientifique*, 85, 1947, p. 862.

un tel reliquat n'existe plus; seules les vésicules pulsatiles marquent la place du cratère vestibulaire, dans lequel elles devaient ancestralement se déverser (*fig.* 7);

4° classe des *Charophycinées* (g. *Chara*, *Nitella*, etc.) : spermatozoïdes semblables à ceux des Bryophytes, et comparables aux cellules nageuses des Euchlorophycinées par l'absence de fosse vestibulaire reconnaissable.

Ainsi, chez le gros des Chlorophycées, les cellules nageuses, à partir d'une disposition primordiale analogue, ont évolué tout autrement que chez les Chromophycées. Cela justifie la distinction de ces deux embranchements, mais pose aussi un problème. En effet, une aptitude à évoluer comme les Chromophycées s'est révélée chez certaines Prasinophycinées (g. *Trichloris* et *Dangeardinella*). On en retrouve même des traces chez quelques Euchlorophycinées, comme les *Haematococcus*, dont les fouets sont pleuronématés, et les zoospores plus ou moins amphikontes ([3]). Dès lors, pourquoi sont-ce d'autres aptitudes qui se sont manifestées chez les autres espèces ? Autrement dit, quel facteur, sélectionnant d'un côté certaines potentialités, et de l'autre des potentialités opposées, a guidé l'évolution ?

BIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Nouvelles remarques sur la composition du pollen chez quelques Renonculacées.* Note de Mme **Cécile Sosa-Bourdouil**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Une étude de quelques genres de Renonculacées (*Pœonia*, *Helleborus*, *Caltha*, *Anemone*, *Clematis*, *Thalictrum*, *Ranunculus*) montre, dans la composition des pollens, en ce qui concerne la teneur en acides nucléiques et la réaction de Dische d'une part, la présence d'amidon d'autre part, des différences nettes suivant les groupes; mais toutefois pour certains genres, une interférence de particularités analytiques nettement séparées ailleurs.

La diversité des formes rencontrées chez les Renonculacées, notamment en ce qui concerne les types floraux, nous avait suggéré l'idée de chercher dans les arguments biochimiques quelques raisons supplémentaires pour confirmer ou discuter la position systématique des diverses tribus proposées par les botanistes ([1]).

A ce moment, nous avions constaté que, si l'on classe les pollens suivant leur teneur en substances azotées et, particulièrement, en protides, on dégageait une concordance réelle avec la classification botanique. Les données analytiques d'ordre différent présentées ici, peuvent à leur tour, préciser quelques arguments systématiques.

([3]) V. Benesova, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1519 et 1883.

([1]) *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 336; 208, 1939, p. 536.

Nous avons étudié, à côté de la teneur du pollen en acides nucléiques, la réaction de Dische considérée comme caractéristique de l'acide désoxyribose nucléique, puis la présence d'amidon. Nous avons également effectué le dosage approximatif des membranes pour chaque sorte de pollen.

Nous avons opéré sur des quantités voisines de $0^g,4$ de pollen, contenant 9,5 % d'eau environ :

1° Le dosage des acides nucléiques a été effectué après épuisement du matériel à l'alcool, l'acétone et l'éther; sur la fraction soluble à chaud dans l'acide trichloracétique à 5 % suivant Schneider, dosage après hydrolyse des bases puriques suivant Vendrely et Sarciron;

2° Sur cette même fraction trichloracétique, j'ai pratiqué la réaction de Dische à la diphénylamine, caractérisant la présence du désoxyribose;

3° La présence d'amidon a été révélée par le réactif iodo-ioduré, après traitement du matériel délipidé par l'eau bouillante. (Le traitement direct du pollen sec par le même réactif sous le microscope ne donne pas toujours des résultats très nets);

4° Après extraction des lipides, glucides solubles, protides, ces derniers par KOH à 5 % à chaud, lavage à l'eau et à HCl à 1 %, lavage à l'eau et déshydratation par l'alcool-éther, dessiccation à 100°, le résidu est pesé; nous le considérons comme constitué principalement par les membranes (sporopollenine + cellulose + ...).

Les résultats rapportés à 100^g sec sont les suivants par groupes :

A. *Pœonia*. — Ce groupe, difficile à classer, que certains botanistes considèrent comme très primitif, nous a donné une teneur relativement élevée en acides nucléiques (2,4 %) et moins toutefois qu'*Helleborus fœtidus*. La réaction de Dische est très nette. L'amidon ne se trouve jamais en grande quantité (réaction bleu clair à l'iode ioduré). La teneur en résidu membranaire varie de 5,8 % chez les Pivoines ligneuses à 9,2 % chez *Pœonia officinalis*.

Helleborus fœtidus et *Caltha palustris* présentent également une réaction de Dische très nette. Chez ce dernier, la teneur en acides nucléiques est plus faible (1,8 %), la teneur en résidu membranaire plus élevée (11,8 %). La réaction de l'amidon (verdâtre) ne révèle pas une quantité dosable de cette substance.

B. *Anemone*. — Chez *A. nemorosa* la teneur en acides nucléiques est voisine de celle de *Caltha palustris*, la réaction de Dische est moins intense mais encore nette; chez *A. hortensis* où nous avons 1,3 % d'acides nucléiques, cette dernière réaction est très faible. L'amidon se trouve en quantité notable (bleu foncé).

Chez *Clematis recta*, la réaction de Dische est très faible, celle de l'amidon est presque nulle.

C. *Thalictrum, Ranunculus*. — Ces genres ont des points communs. Teneur en acides nucléiques aux environs de 1,3 % pour le premier et de 0,9 % pour le second; la réaction de Dische est douteuse. La réaction de l'amidon très

intense. Teneur élevée en résidu membranaire, plus de 11 % pour *Thalictrum chelidonii* et 7,8 % pour *Ranunculus anemonefolius*.

Cette discrimination n'est pas sans rapports étroits avec la séparation en tribus des Renonculacées (notamment pour la réaction de Dische et celle de l'amidon).

Les genres *Helleborus*, *Pæonia*, *Caltha* s'opposent nettement aux genres *Thalictrum*, *Ranunculus*. Toutefois, les Anémones marquent un état d'équilibre qui réunit à un degré plus faible les particularités opposées des genres précédemment indiqués; cette position des Anémones ne nous avait pas échappé par l'examen précèdent (¹) de la teneur en protides des pollens. Ce fait et quelques autres, qui seront exposés ailleurs, nous invitent à considérer la classification des Renonculacées non seulement à l'aide des caractères jusqu'ici adoptés, mais en plus, à l'aide de ceux qui interfèrent dans les genres critiques tel *Anemone*. Cette notion d'interférence de caractères, suggérée par l'analyse chimique, nous paraît aussi justifiée au point de vue morphologique pour rendre compte de l'ensemble des faits observés dans la famille des Renonculacées.

PÉDOLOGIE. — *Caractères morphologiques de la dégradation de la structure des sols de la région de Dunkerque; sols inondés à l'eau de mer.* Note (*) de M. **Georges Deloffre**, présentée par M. Raoul Combes.

Ces sols devenus sodiques présentent un contraste frappant d'aspect et de comportement avec les sols normaux non inondés : teinte blanchâtre, présence de nids de sable dans la couche de sol travaillée, durcissement superficiel rapide et formation d'une croûte par temps sec, aspect glacé et perméabilité très faible par temps humide.

Après l'inondation à l'eau de mer, en 1944-1945, d'environ 18000^{ha} de terres de la Flandre maritime française, les cultures ont peu souffert de l'action toxique des chlorures (¹). Les dommages ont été dus essentiellement aux conséquences de la dégradation de la structure des sols.

Les caractères morphologiques de cette dégradation ont été particulièrement nets dans les terres argileuses partiellement inondées, situées à la limite de l'inondation. Nous y avons observé, depuis 1944, un contraste frappant d'aspect et de comportement entre les parties inondées et les parties non inondées.

Après la récolte, sur les sols non travaillés :

1° l'eau des pluies stagne en surface, forme de grandes flaques dans les moindres dépressions et le ressuyage est très lent;

(*) Séance du 16 octobre 1950.

(¹) *Comptes rendus*, **220**, 1945, p. 255-257; **222**, 1946, p. 667-669; *Rev. Bot. Appl. et Agron. Tropic.*, vol. **27**, 1947, n° 291-292.

2° le sol est plus plastique par temps humide, plus dur par temps sec, et toujours moins élastique qu'en zone non inondée;

3° l'effort à fournir pour prélever une tranche de sol à la bêche est nettement plus grand dans la partie inondée;

4° si on laisse tomber cette tranche sur le sol d'une hauteur d'environ 1^m (essai de chute), elle ne se fragmente pas en petites mottes comme pour un sol non inondé, mais se déforme et s'aplatit;

5° si l'on ouvre une petite tranchée et qu'on effectue sur la paroi verticale avec une griffe de jardinier un essai de grattage, ou un essai de percussion avec le dos de la griffe :

en zone non inondée le grattage émiette le sol en petites mottes; à la percussion le sol rend un son clair, la griffe vibre;

en zone inondée la griffe trace des sillons dans le sol plastique et ne détache aucune motte: à la percussion le sol rend un son mat, la griffe ne vibre pas.

Au cours du travail, le sol ne s'émiette pas comme en zone non inondée, mais donne de très grosses mottes plastiques qui restent entières.

Par temps sec, ces mottes prennent une couleur blanchâtre due en partie à la dessiccation rapide de la couche superficielle qui forme une croûte dure, tandis que l'intérieur des mottes reste humide et plastique. Puis les mottes entières durcissent et forment de gros blocs qu'il est impossible d'émietter et même de briser à la main.

Par temps pluvieux, la couche superficielle prend un aspect glacé et devient semi-fluide. La plus grande partie de l'eau de pluie ne pénètre pas, elle ruisselle sur les flancs des mottes, provoque une dispersion des particules d'argile, de limon et de sable, et entraîne ces particules dans les creux des mottes; elles s'y déposent avec classement par ordre de grandeur, en couches parallèles de quelques dixièmes de millimètre d'épaisseur, composées alternativement d'éléments sableux plus grossiers qui se sont déposés les premiers et d'éléments plus fins limon et argile qui se sont sédimentés ensuite.

Après la pluie, les grains de sable décapés et blanchis qui n'ont pas été entraînés par ruissellement, contribuent, avec l'accroissement de la vitesse de dessiccation de la couche superficielle, à donner à la surface du sol en zone inondée une teinte blanchâtre caractéristique que nous avons signalée plus haut.

Nous avons constaté également une formation plus rapide et plus intense de crevasses par dessèchement sur les sols inondés.

L'été à la suite d'une pluie violente sur un sol crevassé, nous avons observé un entraînement lointain des particules argileuses dispersées qui troublent l'eau d'écoulement des drains et se déposent dans les fossés, et un entraînement plus limité, dans les crevasses et les fissures des particules sableuses décapées qui forment ensuite dans le sol, aux anciens emplacements des crevasses, des nids de sable témoins d'aspect caractéristique. La présence de ces nids de sable

est, en général, limitée à l'épaisseur de la couche de sol travaillée, et permet de contrôler la profondeur du travail.

La comparaison d'observations fréquentes sur le terrain de tous ces symptômes : aspect glacé, imperméabilisation, dispersion du sable et de l'argile, plasticité, émiettement à la main, résistance au travail, présence de nids de sable, formation d'une croûte, résistance à l'écrasement, taille des mottes, envasement rapide des fossés, nous ont permis de suivre la dégradation et la régénération de la structure des sols inondés.

ENDOCRINOLOGIE. — *De l'action bactériostatique* in vitro *de certains dérivés de l'acide allénolique*. Note (*) de MM. **Louis Chedid** et **Fernand Boyer**, présentée par M. Robert Courrier.

Nous n'avons pu mettre en évidence une protection hormonale de l'acide diméthyl-éthyl allénolique ou du stilbœstrol vis-à-vis d'une infection expérimentale de la Souris avec le streptocoque. Cependant, certains dérivés de l'acide allénolique sont doués d'un notable pouvoir bactériostatique *in vitro*. Cette propriété qui ne semble pas liée à l'activité œstrogène, est inhibée ou fortement diminuée par l'adjonction de sérum de Cheval au milieu de culture. L'action bactériostatique ne se manifeste pas *in vivo* aux doses utilisées.

Différents auteurs ont pensé que les œstrogènes auraient une action protectrice vis-à-vis de certaines infections, soit en augmentant le taux d'anticorps (von Haam, 1942), soit par un mécanisme à relais surrénalien. Plus particulièrement Aycock et Folley [1] en (1944) ont trouvé que le stilbœstrol injecté à des souris les protège vis-à-vis d'une infection expérimentale à streptocoques hémolytiques. Ils utilisent, pour cela, des souches faiblement virulentes du groupe D (Lancefield) et infectent leurs animaux au moyen de 2 doses mortelles administrées par voie intra-péritonéale.

Nous avons essayé de reproduire cette expérience au moyen de l'éther méthylique de l'acide diméthyl-éthyl allénolique [2] (II), œstrogène artificiel très actif synthétisé par Horeau et Jacques.

Nous avons utilisé le streptocoque pyogène Digonnet 7, qui injecté par voie I-P., tue la Souris en 24 heures à la dose d'un milliardième de centimètre cube. Nos animaux ont été infectés avec des dilutions variées de germe : certains lots de souris ont reçu 5000 doses mortelles (dose habituellement utilisée en chimie thérapeutique), d'autres 50 doses et les dernières 5 doses mortelles seulement. L'acide diméthyl-éthyl allénolique est injecté 48 heures au préalable,

---

(*) Séance du 16 octobre 1950.

[1] *Endocrinology*, 1944.

[2] Courrier, Horeau et Jacques, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1401.

aux doses de 5 γ ou de 500 γ, suivant les lots. En plus des témoins non traités, nous avons utilisé des lots de 10 souris recevant, 24 heures, avant l'infection, 5 γ de stilbœstrol. Toutes ces hormones ont été injectées par voie sous-cutanée.

	Produits essayés	Activité œstrogène (1)	Activité bactériostatique (doses inhibitrices en γ) : *Streptococcus*(2) pyogène Digonnet 7 en peptone glucosée		*Proteus* X-19 en milieu synthétique		*Klebsiella* Pneumoniæ Caroli en peptone glucosée	*Salmonella* typhi Ty-2
			sans sérum	avec sérum(3)	sans sérum	avec sérum	sans sérum	sans sérum
I	Acide diméthyl-éthyl allénolique — Phénol : OH ; $-CH(C_2H_5)-C(CH_3)_2-CO_2H$	1γ5	40γ	400γ	700γ	>1000γ	Inactif	Inactif
II	Acide diméthyl-éthyl allénolique — Méthoxyle : OCH_3 ; $-CH(C_2H_5)-C(CH_3)_2-CO_2H$	2γ	200γ	400γ	300γ	600γ	"	"
III	OCH_3 ; $-CH(CH_3)-C(CH_3)_2-CO_2H$	10γ	300γ	700γ	600γ	800γ	"	"
IV	$-CH(C_2H_5)-C(CH_3)_2-CO_2H$	10γ	100γ	300γ	300γ	400γ	"	"
V	OCH_3 ; $-C(=CH-CH_3)-C(CH_3)_2-CO_2H$	25-50γ	300γ	>1000γ	300γ	>1000γ	"	"
VI	$-CH(CH_3)-C(CH_3)_2-CO_2H$	100γ	500γ	700γ	400γ	>800γ	"	"
VII	OCH_3 ; $-CH(C_2H_5)-CH(CH_3)-CO_2H$	isomère α actif à 100γ ; isomère β actif à 800γ	300γ	800γ			"	"
VIII	$-CH(C_2H_5)-C(CH_3)_2-CO_2H$	inactif à 1000γ	40γ	300γ	400γ	500γ	"	"
IX	OCH_3 ; $-CH_2-CH_2-CO_2H$	inactif à 1000γ	>1000γ	>1000γ	500γ	800γ	"	"

1. Activité œstrogène obtenue par le test d'Allen et Doisy chez la Rate castrée
2. Streptocoque : tous les germes ont été ensemencés à la dilution finale de 10^{-4}
3. Sérum de cheval à la dose de 0cc25 par tube de 5 cc de milieu

En aucun cas nous n'avons pu obtenir de protection vis-à-vis d'une infection à streptocoques hémolytiques tant avec l'acide diméthyl-éthyl allénolique qu'avec le stilbœstrol.

Par ailleurs, *in vitro* une activité bactériostatique très marquée du diéthyl stilbœstrol et de certains corps apparentés, a été décrite par différents

auteurs ([3]), ([4]), ([5]), parmi lesquels Faulkner ([6]) (1943). Ce dernier a noté, cependant, que les œstrogènes naturels étaient dépourvus de ce pouvoir.

Dans le cas de l'acide allénolique et de certains de ses dérivés ([7]), ([8]), nous avons trouvé que cette série de composés possède une activité antibactérienne notable. Nos résultats sont consignés dans le tableau ci-dessus.

On peut voir que dans cette série, l'action bactériostatique marquée ne semble pas liée à l'activité hormonale, et qu'elle est inhibée ou fortement diminuée par l'adjonction de $0^{cm^3},25$ de sérum. Nous continuons actuellement à étudier cette action des dérivés de l'acide allénolique.

Nous avons cherché enfin à protéger des souris vis-à-vis du streptocoque, non plus par mécanisme hormonal, mais en injectant l'œstrogène deux fois par jour *dès le début de l'infection*. La sévérité de l'infection varie selon les lots (5000, 50 ou 5 doses mortelles).

Même à la forte dose de 1^{mg} par jour, l'éther méthylique de l'acide diméthyl éthyl allénolique n'exerce aucune protection vis-à-vis de l'action léthale du Digonnet 7.

ENTOMOLOGIE. — *Développement de la Mouche des fruits* (Ceratitis capitata *Wied.*) *en milieu nutritif synthétique*. Note (*) de MM. **Pierre Grison**, **Michel Feron** et **Kyriacos Sacantanis**, présentée par M. Émile Roubaud.

L'étude du développement des larves de Diptères en milieu synthétique a été poursuivie essentiellement chez les espèces saprophages depuis les recherches de Guyénot ([1]). Mais peu de travaux de cette nature ont été réalisés sur une espèce phytophage et par exemple sur une espèce aussi répandue que la Mouche des fruits : Marlowe ([2]) utilisait un mélange comprenant du miel, du jus de papaye pressé et du sucre brun dans une solution de gélose; Hanna ([3]) étudia les relations de certains facteurs alimentaires avec la fécondité.

Nous nous sommes proposé de déterminer un milieu entièrement synthétique, et de rechercher systématiquement le rôle de chacun des constituants d'un tel milieu susceptible de permettre une croissance larvaire comparable

---

([3]) Rubin et Wishinsky, *Am. Ch. Soc*, 66, 1944, p. 1948.
([4]) Velasquez, Valenzuale et Aguilar, *Farmacoth. Actual.*, Madrid, 3, 1946, p. 247.
([5]) D. Marinopoulos, *Inst. Pasteur*, *Thèse de Sciences*, Paris, 1947.
([6]) Lancet, 1, 1943, p. 38.
([7]) Horeau, Jacques et S. Julia, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1278.
([8]) S. Julia, Jacques et Horeau, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 660.

(*) Séance du 30 octobre 1950.
([1]) *Bull. Biol. Fr. Belg.*, 51, 1917, p. 1.
([2]) *Journ. Écol. Entom.*, 27, n° 5, 1934, p. 1100.
([3]) *Bull. Soc. Fouad Ier d'Ent.*, 13, 1947, p. 251.

à celle qui a lieu dans un fruit et d'assurer une descendance imaginale normalement constituée et féconde.

En partant d'un milieu établi empiriquement selon les données de l'analyse des fruits à pépins, poire et pomme, parvenant à maturité, nous avons pu préciser certains de ces caractères et enregistrer des résultats satisfaisants dans l'évolution de l'Insecte.

La première condition à laquelle doit satisfaire le milieu est l'acidité. Des essais réalisés avec des milieux à pH différents ont montré qu'aux pH 6 et 7 les larves écloses survivaient au maximum 9 jours; à pH 5 la survie n'est guère meilleure et atteint 11 jours; à pH 4 une certaine proportion de larves achèvent leur développement atteignant la pupaison puis le stade imaginal. Enfin à pH 3 le développement est encore meilleur et plus rapide : à la température de 25-27°C l'évolution la plus courte de l'œuf à l'adulte est de 21 jours, tandis qu'elle était de 22 jours pour un élevage contrôle dans une poire. Les œufs placés dans des milieux de pH alcalin n'ont pas éclos.

L'acidité du milieu était due à la présence d'acide malique et était tamponnée par un mélange de sels minéraux comprenant : phosphates de potassium et de calcium, chlorure de potassium, sulfate de magnésium, carbonate de calcium et traces de chlorure ferrique. L'acide malique paraît jouer un rôle spécifique car, en le remplaçant par l'acide citrique, le développement larvaire est beaucoup moins satisfaisant : la durée de celui-ci est de 10 jours en milieu malique et de 18 jours en milieu citrique; une confirmation de ce résultat a été obtenue dans l'expérience suivante : des larves chétives, prélevées dans un milieu citrique et transportées en milieu malique, ont repris leur évolution normale jusqu'à la pupaison.

Outre l'acide malique et les sels, la solution de gélose, dans laquelle croissent les larves, contient des sucres, de la caséine, de l'extrait de levure de bière et une faible quantité de nipagine (paraoxybenzoate de propyle sodé) selon la technique utilisée par Lafon ([4]) pour éviter ou retarder le développement des microorganismes. La concentration du milieu en gélose n'a pas d'importance entre les limites de 1 à 4 % : ce sont des considérations d'ordre technique pour le repiquage des œufs ou des larves qui interviennent.

Dans ces conditions nous avons conduit des élevages jusqu'au stade imaginal avec une faible mortalité et avec une durée d'évolution comparable à celle qui est considérée comme optimum aux îles Hawaï (18 à 20 jours à 26°C), ambiance de prédilection de la Mouche des fruits. D'autre part nous avons suivi le comportement des imagos et surtout la fécondité des femelles issues de ces élevages, qui nous ont paru être tout à fait normaux.

([4]) *Thèse*, Paris, 1949.

La mise au point d'un milieu nutritif synthétique qui permette l'évolution complète du Diptère phytophage *Ceratitis capitata* Wied., facilitera également les recherches physiologiques poursuivies sur cette espèce.

BIOCHIMIE. — *Sur la teneur en acide ribonucléique des cellules de l'os.* Note (*) de M. **Jean Clavert**, présentée par M. Robert Courrier.

L'ostéoblaste en activité renferme d'importantes quantités d'acide ribonucléique. Il existe un parallélisme étroit entre la teneur en acide ribonucléique du cytoplasme de cette cellule et l'intensité des phénomènes ostéogénétiques. L'ostéoblaste paraît jouer un rôle important dans la formation de la substance osseuse, en particulier dans l'élaboration de la matrice protéique.

Les hormones gynogènes injectées aux Oiseaux déterminent une ostéogénèse considérable, comparable à celle qui s'observe spontanément chez les femelles en ponte. Utilisant cette technique, nous nous sommes proposé ici de mettre en évidence la présence d'acide ribonucléique au niveau des ostéoblastes et d'étudier ensuite les variations de ce constituant de la cellule osseuse au cours des processus ostéogénétiques.

Cette étude fut effectuée au niveau de fémurs et de tibias de Canards, où fut injecté 1^{mg} de dipropionate d'œstradiol par jour pendant 8 à 10 jours. Les pièces osseuses furent fixées au liquide de Carnoy, décalcifiées par l'acide trichloracétique à 5 % pendant une semaine environ et colorées par le bleu de toluidine à 1 %, soit directement, soit après traitement des préparations par la ribonucléase. (Technique de J. Brachet pour caractériser de l'acide ribonucléique.)

Si l'on étudie les ostéoblastes qui entourent une travée osseuse en formation, on constate que ces cellules se colorent avec intensité par le bleu de toluidine et que cette affinité pour ce colorant disparaît après traitement préalable de la coupe par la ribonucléase. *L'ostéoblaste renferme donc une importante quantité d'acide ribonucléique.* Ce constituant forme de nombreux filaments ou de petites mottes plus ou moins régulièrement réparties dans tout le cytoplasme de l'ostéoblaste, sauf toutefois dans une région juxtanucléaire correspondant vraisemblablement à la région golgienne. Le noyau de la cellule est turgescent et contient plusieurs nucléoles mixtes nets ou un seul nucléole volumineux.

Les ostéoblastes au repos se présentent comme de petites cellules d'aspect endothéliforme à noyau petit et dense. Ils sont plaqués contre les travées osseuses. Sous l'action de la folliculine, ces cellules s'hypertrophient. Le noyau subit les transformations les plus précoces; il s'arrondit et devient globuleux, avec margination de la chromatine. Des nucléoles se différencient, puis au contact du noyau apparaît une zone fortement basophile qui entoure le plus

(*) Séance du 9 octobre 1950.

souvent la zone golgienne. Enfin, dernière étape, la basophilie s'étend à tout le cytoplasme. On observe donc successivement : l'hypertrophie du noyau et des nucléoles, l'apparition de l'acide ribonucléique au contact du noyau et dans la région centrale de l'ostéoblaste, et enfin la diffusion à tout le cytoplasme de ce constituant. C'est seulement à ce moment qu'apparaît la substance fondamentale de l'os.

La teneur en acide ribonucléique est donc maximum au moment où s'opère la formation de la substance osseuse, puis diminue peu de temps après l'englobement de l'ostéoblaste par la substance osseuse. Au niveau des travées constituées, l'ostéoblaste emmuré ou ostéocyte renferme peu d'acide ribonucléique. Corrélativement le noyau se condense et les nucléoles diminuent de volume. *Il y a donc un parallélisme étroit entre la teneur en acide ribonucléique du cytoplasme des cellules osseuses et l'intensité des phénomènes ostéogénétiques.* Ces constatations sont à rapprocher des observations de Cappelin (¹) dans l'ostéogénèse embryonnaire du Poulet. Elles rappellent également les faits signalés par Greep (²), en ce qui concerne l'activité phosphatasique des cellules osseuses.

Les travaux de Casperson et Brandt (³), et de Brachet et Jeener (⁴) montrent que l'acide ribonucléique se rencontre en quantité d'autant plus abondante que les cellules *sont le siège de synthèses plus actives et spécialement de synthèses protéiques.* Nous avons nous-même observé (⁵) que, au niveau de la cellule hépatique du Pigeon, la teneur en acide ribonucléique s'accroît lorsque le taux des albumines sériques augmente. Ces faits permettent de penser que les ostéoblastes jouent un rôle déterminant dans l'élaboration de la substance osseuse et plus particulièrement dans l'élaboration de la matrice protéique de l'os.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action de quelques stéroïdes (cholestérol, calciférol et désoxycorticostérone) sur la réserve alcaline plasmatique du Lapin.* Note de **M. Raoul Lecoq**, présentée par M. Maurice Javillier.

Ayant été amené, au cours de nos recherches antérieures, à étudier l'action sur la réserve alcaline du Lapin de quelques stéroïdes : la dihydrofolliculine, la progestérone, la testostérone et les 11 corticostéroïdes naturels de l'extrait

---

(¹) *Bol. Soc. Ital. Bio. Sper.*, 24, 1948, p. 10.

(²) *Anat. Rec.*, 100, 1948, p. 667.

(³) *Protop.*, 35, 1941, p. 507.

(⁴) *Bull. Acad. Roy. Belg.*, 29, 1943, p. 476.

(⁵) *Arch. Sc. Phys.*, 3, 1949, p. 5.

corticosurrénal [1], nous avons pensé qu'il serait intéressant de rechercher de la même manière les effets du cholestérol, du calciférol et de la désoxycorticostérone. Déjà, avec P. Chauchard et H. Mazoué et par la méthode chronaximétrique, nous avions mis en évidence l'action antialcaline de la désoxycorticostérone [2] et du calciférol [3], comme nous avions montré l'action neutralisante qu'exerce ce dernier corps sur l'alcalose tissulaire du rachitisme expérimental classique [4]. Mais l'injection intraveineuse de dilutions alcooliques de calciférol n'avait entraîné aucune modification de la réserve alcaline plasmatique [5].

En vue d'obtenir des résultats plus nets et pouvant être comparés à ceux précédemment trouvés, nous avons injecté des dispersions aqueuses des corps à essayer, dispersions aisément obtenues grâce à l'introduction dans ces préparations de 10 à 20 % de Tween 80. Comme d'ordinaire, la dilution était calculée de façon à correspondre à un volume aisément injectable par la veine marginale de l'oreille du Lapin et compris entre 1 et 5^{cm^3} ($2^{cm^3},5$ dans chacun des cas choisis). Les doses injectées furent de $2^{cg},5$ pour le cholestérol et le calciférol et de $2^{mg},5$ pour la désoxycorticostérone. Des prélèvements furent effectués chaque fois par ponction intracardiaque avant l'injection, puis 6 à 8 heures et 24 heures après. Les essais portèrent chaque fois sur six lapins adultes de 2 à 3^{kg}, de façon à donner des moyennes valables. On trouvera d'ailleurs l'ensemble de nos déterminations dans les tableaux ci-contre.

Contrairement à ce qui fut enregistré autrefois avec des doses plus limitées de calciférol (en dilutions alcooliques), nous avons obtenu cette fois d'importantes modifications de la réserve alcaline plasmatique. Il en fut de même avec le cholestérol. Mais, tandis que le calciférol entraîne une chute appréciable et prolongée de la réserve alcaline, le cholestérol entraîne, à l'opposé, une augmentation tout aussi nette et durable. Toutefois le calciférol apparaît nettement plus toxique que le cholestérol car, parmi nos animaux qui reçurent d'égales doses, la moitié de ceux auxquels on injecta du calciférol moururent dans les jours qui suivirent.

La diminution de la réserve alcaline sanguine causée par le calciférol ne peut être attribuée qu'à l'action acidosique du produit. Par ailleurs, nous avons contrôlé (avec P. Chauchard et H. Mazoué) que l'effet inverse du cholestérol est bien dû à l'action alcalosique de cette substance. Précisement, on note sur le Rat, après injection sous-cutanée de dispersion de cholestérol, la neutralisation des effets nerveux dus à une injection acidogène de chlorure d'ammonium.

---

(1) *C. R. Soc. Biol.*, **143**, 1949, p. 1316, 1318, et 1320.
(2) *Comptes rendus*, **231**, 1950, p. 303.
(3) *C. R. Soc. Biol.*, **138**, 1944, p. 327.
(4) *Thérapie*, **2**, 1947, p. 73.
(5) *Thérapie*, **1**, 1946, p. 124.

Lapin n°	Réserve alcaline. Avant l'injection.	6-8 heures après.	24 heures après.
I. — Injection intraveineuse de 2cg,5 de cholestérol.			
1	43,3	44,3	45,3
2	30,9	36,6	34,9
3	44,4	46,2	50,0
4	42,8	52,6	51,9
5	32,8	32,8	32,8
6	35,0	38,5	40,4
Moy	38,2	41,8	42,5
II. — Injection intraveineuse de 2cg,5 de calciférol.			
1	57,6	48,1	38,5
2	48,1	40,4	43,5
3	51,1	50,0	44,3
4	42,8	38,5	41,4
5	50,0	46,2	41,6
6	42,2	40,4	38,5
Moy	48,7	43,9	41,3
III. — Injection intraveineuse de 2mg,5 de désoxycorticostérone.			
1	46,2	38,5	38,5
2	35,2	32,6	38,6
3	40,4	40,4	36,6
4	42,4	36,6	40,0
5	34,3	32,8	30,4
6	36,9	30,9	34,9
Moy	39,2	35,3	36,5

La diminution sensible et durable de la réserve alcaline sanguine obtenue après injection de désoxycorticostérone correspond à l'action acidosique de cette substance, déjà soulignée.

Conclusions. — Le cholestérol exerce sur l'organisme une action alcalosique manifeste, qui se traduit par une augmentation durable de la réserve alcaline sanguine, comparable à celle qui est obtenue avec la dihydrofolliculine. Le calciférol et la désoxycorticostérone ont au contraire une action acidosique nette, qui entraîne une diminution prolongée de la réserve alcaline et qui doit être rapprochée des effets de la progestérone et de la testostérone.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action des antipodes optiques de la valine sur la croissance de certaines espèces bactériennes* (1). Note de M. **Jacques Nicolle**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

I. Dans deux précédentes Notes (2), (3) nous avons montré que la $l(+)$ valine (antipode naturel) était acceptée, comme source de carbone, seulement par le B. Pyocyanique (*Pseudomonas æruginosa*) et, comme source d'azote, par dix espèces bactériennes différentes, sur les treize étudiées. La $d(-)$ valine a pu être utilisée comme source de carbone également par le B. Pyocyanique, en un temps bien plus long que pour l'antipode naturel et comme source d'azote par cette même espèce plus difficilement que son inverse, et faiblement par le B. Friedländer, mais n'a pas convenu aux onze autres espèces envisagées.

II. En raison de ce qui précède, nous nous sommes demandé si l'on pouvait aller plus loin et s'il était possible de déceler une action antagoniste de ces antipodes sur la croissance de certaines espèces bactériennes.

Nos études ont porté principalement sur *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis*, *Shigella dysenteriæ*. Nous avons utilisé notre milieu synthétique habituel (4) dans lequel la source de carbone était le glucose, et suivant les cas nous avons introduit des quantités croissantes de l'un ou de l'autre antipode de la valine.

a. Action de la $d(-)$ valine. — On peut, par addition de $d(-)$ valine au milieu, diminuer progressivement la croissance d'une espèce donnée et même empêcher complètement tout développement. D'autre part il est à remarquer que la courbe des maxima en fonction de la concentration en valine (*fig.* 2) présente deux parties à tangente horizontale, quand il y a une molécule de valine pour une de glucose, et quand il y a deux molécules de valine pour une de glucose. Les courbes de croissance (*fig.* 1) sont réalisées avec 60^{mg} de glucose pour 20$^{cm^3}$ de milieu et des quantités de valine qui, dans l'ordre des 13 courbes, sont : 0, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 110, 120 (en mg.).

b. Action de la $l(+)$ valine. — Ici l'action est plus complexe. Les courbes (*fig.* 3) montrent que cet antipode provoque pour certaines proportions des croissances supérieures à celles que l'on obtient avec le glucose seul; alors que dans certaines zones de concentration il agit comme empêchant. Nous obtenons une tangente horizontale quand il y a une molécule de valine pour une glucose.

---

(1) Souches de l'Institut Pasteur de Paris.

(2) J. Nicolle et Y. Joyeux, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 161.

(3) J. Nicolle et Joyeux, *Comptes rendus*, 227, 1948, p. 1057.

(4) A. Lwoff, F. Nitti et Mme Trefouël, *Ann. Inst. Pasteur*, Paris, 67, 1941, p. 177.

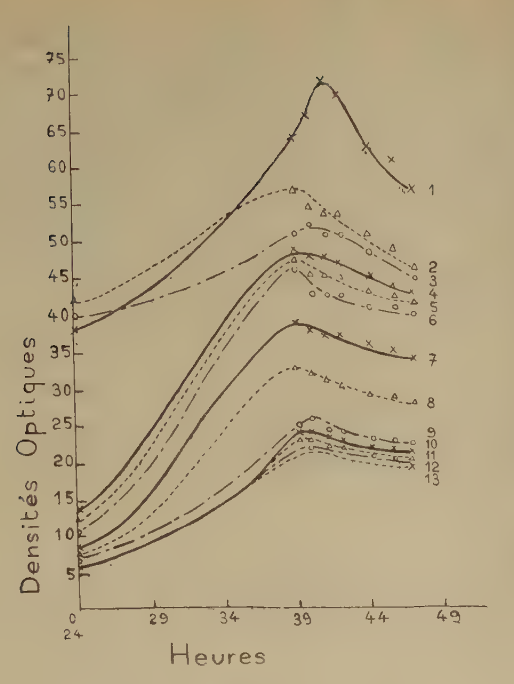


Fig. 1.

densités optiques maxima

d(–) valine (en poids)

Fig. 2.

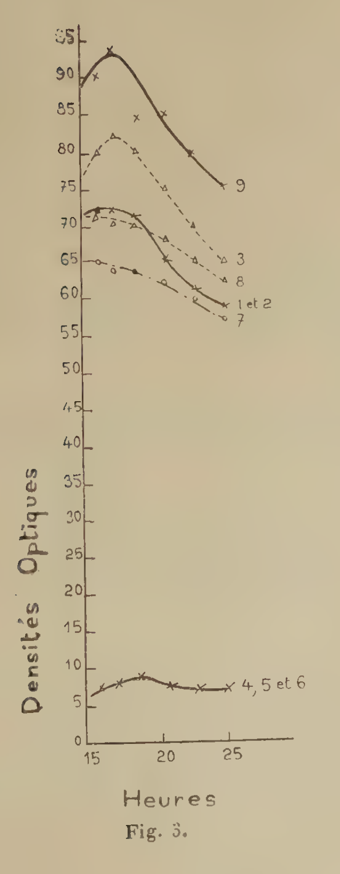


Fig. 3.

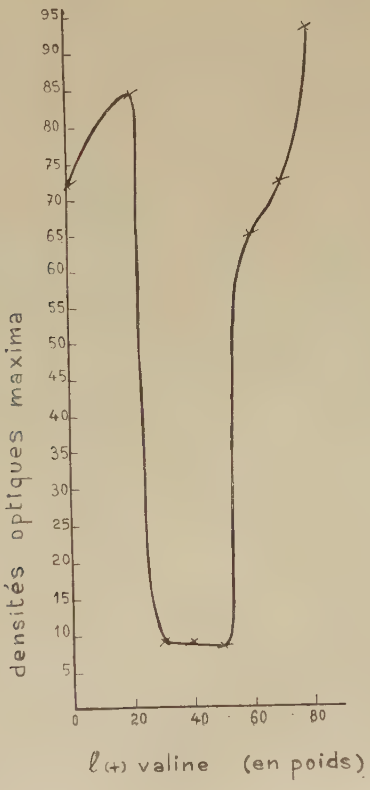


Fig. 4.

Courbes 1 et 2, glucose seul; pour les suivantes les quantités de valine sont : 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 (en mg) toujours dans 20^{cm^3} de milieu.

Pour les expériences des titres *a* et *b* la souche était : *Escherichia coli*.

Conclusion. — Si l'antipode naturel de la valine exerce une action empêchante seulement pour certaines proportions, son inverse par contre agit toujours dans le même sens (sans inversion). Dans les deux cas on rencontre des zones particulières pour certains rapports entre les molécules d'un des isomères et celles du glucose.

PHARMACODYNAMIE. — *Sur l'activité tuberculostatique du para-aminosalicylate de phényle* (FR_7) in vitro *et chez la Souris*. Note de MM. **Santiago Americano Freire, Noël Rist,** Mmes **Françoise Grumbach** et **Sophie Cals**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Santiago Americano Freire (1) ayant constaté que le salicylate de phényle (Salol) exerce une activité tuberculostatique *in vitro* quatre à cinq fois plus grande que l'acide salicylique, a émis l'hypothèse que le *para*-aminosalicylate de phényle (qu'il a synthétisé sous le nom de FR_7) pourrait être également plus actif que l'acide *para*-aminosalicylique (P. A. S.), ce que l'expérience a démontré.

Le présent travail donne les détails des recherches *in vivo* annoncées dans la première Note (2) et la suite de nos expériences *in vitro*.

Les essais *in vitro* ont été faits dans 5^{cm^3} de milieu de Youmans avec sérum, ensemencés avec $0^{mg},01$ de bacilles tuberculeux (souche $H_{37}Rv$) et la lecture faite au 12e jour.

La concentration inhibitrice du FR_7 (dissous dans l'éthylène glycol à 1 ‰) est de $0^{mg},0025$ pour 100^{cm^3} et celle du P. A. S. de $0^{mg},05$ pour 100^{cm^3}.

Une molécule de P. A. S. est neutralisée par une molécule d'acide *para*-aminobenzoïque (P. A. B.) (3), alors qu'une molécule de FR_7 est neutralisée par 20 molécules de P. A. B.

Deux souches humaines, une bovine normale et quatre souches résistantes à 50^{mg} pour 100^{cm^3} de streptomycine (S. M.) ont montré la même sensibilité au FR_7 que la souche $H_{37}Rv$.

Une souche résistante à 1^{mg} pour 100^{cm^3} de P. A. S. et sensible à 2^{mg} pour 100^{cm^3} est résistante à $0^{mg},04$ pour 100^{cm^3} de FR_7 et sensible à $0^{mg},08$ pour 100^{cm^3} (cette souche s'est montrée, chez la Souris, insensible à l'injection de 10^{mg} de FR_7 par jour).

---

(1) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 728.

(2) Il avait vérifié antérieurement que le *para*-acetylamino-salicylate de phényle est *in vitro* cinq fois plus actif que l'acide *para*-acétylamino-salicylique.

(3) A. Lutz, *Ann. Inst. Pasteur*, 76, 1949, p. 150.

On peut donc dire que *in vitro* le FR_7 est 20 fois plus actif que le P. A. S.

Les essais *in vivo* ont été effectués sur des souris grises race *dba* infectées par voie veineuse avec $0^{mg},05$ de bacilles $H_{37}Rv$ cultivés en milieu de Dubos. Le traitement a été commencé dès le lendemain de l'inoculation et poursuivi jusqu'à ce que la moitié des témoins soient morts, c'est-à-dire pendant 23 à 25 jours.

Le Tableau I résume le résultat de nombreuses expériences. Il ressort que le FR_7 à 1^{mg} par jour en solution huileuse est au moins aussi actif que 1^{mg} de streptomycine ou que 10^{mg} de P. A. S.

TABLEAU I. — *Comparaison de l'activité tuberculostatique de plusieurs médicaments en injections sous-cutanées quotidiennes.*

Médicament.	Dose (mg/20 g) par jour.	Nombre de souris.	Nombre de bacilles dans les frottis de tissu pulmonaire (par champ microscopique).	Lésions pulmonaires macroscopiques.
Salol (1).......	10	5	100	+++
»	20	5	20	++
FR_2 (1), (*).....	5	10	1/50	0
»	10	14	1/200	0
FR_7 (1)........	0,2	12	∞	++++
»	0,5	21	1	++
»	1	30	1/10	+
»	2,5	41	0	0
»	5	23	0	0
»	10	14	0	0
P. A. S. (2)....	5	22	20	++
»	10	12	5	+
S. M. (2).......	1	26	10	++
»	2	10	5	0
FR_7 (1), (3).....	5	5	10	±
» (1), (4).....	10	12	1/20	0
S. M. (2), (3)...	5	5	20	+
Témoins	–	83	∞	+++++

(1) Solution huileuse.

(2) Solution aqueuse.

(3) Traitement commencé au treizième jour de l'infection.

(4) Traitement commencé au huitième jour de l'infection.

(*) *para*-trichloro-acétylamino-salicylate de phényle.

Après 10, 5 ou $2^{mg},5$ de FR_7 l'examen histologique ne décèle ni lésion ni bacille dans les poumons, et seulement de minimes nodules paucibacillaires dans les ganglions trachéobronchiques, le foie et la rate, alors que dans les poumons des témoins, il y a de vastes plages nécrotiques, nodulaires, confluentes, contenant un nombre infini de bacilles.

Si l'on commence le traitement au 13e jour de l'infection, 5mg par jour de FR_7 en solution huileuse arrêtent l'évolution des lésions aussi bien que 5mg de streptomycine (tableau I).

Le FR_7 est plus actif en suspension aqueuse qu'en solution huileuse.

En suspension aqueuse chez la Souris, la DL_{50} aiguë du FR_7 est de 5 g/kg.

PHYSIOLOGIE MICROBIENNE. — *Influence des oligoéléments sur la production d'éthanol par* Sterigmatocystis nigra *et* Aspergillus flavus. Note (*) de M. **Roger Raveux**, présentée par M. Roger Heim.

Les cultures de *Sterigmatocystis nigra*, sur milieu de Czapek à teneur élevée en aliment carboné par rapport aux autres éléments, produisent de l'éthanol, mais cette formation cesse si les teneurs de tous les constituants du milieu sont également élevées et si l'équilibre est ainsi rétabli. Le tableau ci-dessous montre l'influence particulière des oligoéléments sur le comportement de la souche 315.

Élément par rapport au milieu de Czapek normal, renfermant 15% de glucose.

	Témoin.	$Zn^{++} \times 5$.	$Zn^{++} \times 10$.	$Fe^{++} \times 5$.	$Fe^{++} \times 10$.
Mycélium sec (g)........	1,510	1,542	1,479	1,570	1,614
Alcool formé (*a*)........	2,20	1,26	1,64	1,17	1,46
Acidité totale (*b*)........	1,42	1,42	1,32	1,43	1,19
Glucose utilisé (*c*).......	17,2	15,9	16,1	15,6	15,2

(*a*) et autres produits volatils exprimés en millimolécules d'éthanol;
(*b*) en milliéquivalents;
(*c*) en millimolécules, par gramme de mycélium sec.

La production d'alcool n'est que peu diminuée, en particulier dans les cultures dont les concentrations en Zn^{++} ou en Fe^{++} sont 10 fois supérieures à celles du milieu normal, mais il y a corrélativement une légère diminution de l'acidité totale. L'effet dû à un apport supplémentaire en zinc ou en fer, existant déjà en quantité notable, est moindre que celui dû à l'addition d'éléments plastiques. Néanmoins, on peut admettre que ces oligoéléments assurent une meilleure efficacité au système enzymatique impliqué dans les synthèses protoplasmiques à partir des métabolites intermédiaires; il faut alors moins d'aliment glucidique pour édifier 1g de champignon.

L'effet catalytique des oligoéléments sur la croissance et l'intensité respiratoire est plus évident par les conséquences de leur carence même partielle dans

(*) Séance du 30 octobre 1950.

un milieu équilibré, surtout si celui-ci est concentré. Par exemple, Foster et Waksman ont montré que la *carence* en zinc provoque une déviation du métabolisme carboné vers la production d'acide fumarique avec *Rhizopus nigricans*. Le ralentissement de l'utilisation des métabolites intermédiaires, par suite d'une carence en élément oligo-dynamique, a pour conséquence l'exaltation de systèmes enzymatiques latents; ainsi la carence en fer, avec *Torulopsis utilis* est accompagnée d'une teneur plus élevée en thiamine. Les effets observés avec *Sterigmatocystis nigra* S. N. 76 ont vraisemblablement la même cause, lorsqu'on réduit au 1/100 l'un des éléments du milieu de Czapek cinq fois plus concentré, renfermant Fe^{++} et $Zn^{++} \times 2.10^{-4}$ M; Cu^{++} et $Mn^{++} \times 2,5.10^{-5}$ M.

Élément au 1/100 par rapport au milieu de Czapek cinq fois plus concentré :

	Témoin.	Zn^{++}.	$Zn^{++}+Co^{++}$ $\times 2.10^{-4}$M.	$Zn^{++}+Ni^{++}$ $\times 2.10^{-4}$M.	Fe^{++}.	$Fe^{++}+Co^{++}$ $\times 2.10^{-4}$M.	$Fe^{++}+Ni^{++}$ $\times 2.10^{-4}$M.	Mn^{++}.	Cu^{++}.
Mycélium sec (g)....	1,561	0,918	0,825	0,806	0,535	0,532	0,553	0,796	1,056
Alcool formé (*a*)....	0,04	1,12	1,46	1,56	0,63	0,71	0,68	0,19	0,07
Acidité totale (*b*)....	2,74	3,31	3,43	3,56	7,68	7,72	7,67	4,65	3,75
Glucose utilisé (*c*)...	14,8	17,3	17,6	17,8	22,2	23,7	21,0	15,5	15,4

La carence partielle en zinc ou en fer amène une production notable d'alcool, analogue à celle qui est due à une carence magnésienne. Ces éléments sont indispensables à la croissance, mais l'un d'entre eux en quantité convenable suffit pour permettre la formation d'éthanol. La carence en Zn^{++} ou en Fe^{++} n'est pas spécifique de la déviation du métabolisme vers une production d'éthanol. Toutefois, celle-ci est plus faible en présence d'une quantité réduite de Fe^{++}, alors que l'acidité totale est plus que doublée dans ces conditions; il en résulte une plus forte consommation du glucose. La carence partielle en Mn^{++} ou en Cu^{++} provoque aussi l'augmentation de l'acidité totale, mais l'apparition d'alcool est très minime. Nous avons constaté que l'absence de molybdène n'a aucune influence appréciable.

Ni le nickel ni le cobalt ne sont capables de remplacer le fer ou le zinc en vue de la croissance; leur présence dans le milieu n'empêche pas la formation d'éthanol et ne fait pas varier notablement l'acidité totale. Il se produit même une quantité d'alcool supérieure. Nous avons vérifié ces résultats avec *Aspergillus flavus* NRRL 484 cultivé sur le milieu de Czapek habituel, préalablement purifié selon la technique de Sakamura, et sans aucune addition de Zn^{++} ou de Fe^{++}, sauf les quantités minimes contenues dans les spores.

La croissance est considérablement ralentie et, dans ce cas, la formation d'alcool, de caractère pathologique, est d'une grandeur atteignant et même dépassant celle des synthèses cellulaires. Elle est nettement accrue par addition de Co^{++}, de Ni^{++} ou de Cr^{+++}; il est possible d'envisager le rôle d'activa-

teur zymasique de ces éléments. Warburg a montré que la zymohexase de la levure est inhibée par les substances formant des complexes avec les métaux lourds, par exemple par la cystéine ou l'$\alpha.\alpha'$-dipyridyl et que l'enzyme peut être réactivé par addition de Fe^{++}, Zn^{++} ou Co^{++} en grande quantité par rapport à l'enzyme-protéine. Nous avons constaté qu'il en est de même dans le cas de l'*Aspergillus*, en introduisant la cystéine ou l'$\alpha.\alpha'$-dipyridyl dans la solution de culture. La présence de cystéine dans un milieu complet entraîne la production d'éthanol. Ce comportement des *Aspergillus*, ici de très faible amplitude, est identique à celui de la levure de boulangerie.

IMMUNOLOGIE. — *La sérum-albumine privée de ses souillures globuliniques est dépourvue de pouvoir antigène*. Note (*) de MM. **Maurice Doladilhe, Marcel Mazille** et **Pierre Legrand**, présentée par M. Gaston Ramon.

La sérum-albumine préparée par le sulfate d'ammonium est souillée de globuline (sérum-albumine *totale*) à qui elle doit son pouvoir antigène. Si on la débarrasse de ces souillures globuliniques on obtient un protéide dépourvu de pouvoir antigène (sérum-albumine *purifiée*).

On sait (¹) que la sérum-albumine préparée par le sulfate d'ammonium est souillée de sérum-globuline dans la proportion de 20 à 25 %.

La dialyso-électrolyse (²) permet d'extraire cette sérum-globuline et d'obtenir la sérum-globuline *purifiée*. C'est ainsi (³) que nous avons été amenés à expliquer pourquoi la précipitine anti-globuline précipite la sérum-albumine non purifiée; nous avons montré, en effet, que cette réaction, à laquelle on était tenté de refuser toute spécificité, est en réalité rigoureusement spécifique du fait que la précipitine agit électivement sur cette globuline parasite.

On conçoit, dès à présent, qu'il est nécessaire de préciser, lorsqu'on étudie le comportement immunologique d'une sérum-albumine, s'il s'agit de sérum-albumine avec souillures globuliniques (sérum-albumine *totale*) ou de sérum-albumine sans souillures globuliniques (sérum-albumine *purifiée*).

La sérum-albumine *totale* possède deux fonctions antigéniques (globuline et albumine), la sérum-albumine purifiée n'en a qu'une (albumine). La première doit donner naissance à une double précipitine à la fois anti-globuline et anti-albumine, la seconde à la seule précipitine anti-albumine.

Pour le vérifier nous avons préparé deux séries de Lapins, l'une par la sérum-albumine *totale*, l'autre par la sérum-albumine *purifiée*; nous avons ensuite

(*) Séance du 30 octobre 1950.

(¹) Tiselius, *Trans. Farad. Soc.*, 33, 1937, p. 524.

(²) Mazille, *Thèse Doctorat ès Sciences*, Montpellier, 1944.

(³) *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 928.

étudié l'action, *in vitro*, des anti-sérums ainsi obtenus, sur la sérum-globuline, la sérum-albumine *totale*, les souillures globuliniques, et la sérum-albumine *purifiée*. Nos expériences ont porté sur diverses espèces de sérums sanguins (Homme, Bœuf, Mouton, Cheval).

Les tableaux I et II donnent pour le Cheval un exemple des résultats obtenus : *l* indique les dilutions croissantes isotoniques auxquelles sont portées les albumines et globulines étudiées. Les mélanges sont faits à volumes égaux (1^{cm^3}) d'anti-sérum et des dilutions. Les signes + et — indiquent respectivement la présence ou l'absence de précipitation.

Le tableau I concerne l'anti-sérum fourni par la sérum-albumine *totale*, le tableau II l'anti-sérum fourni par la sérum-albumine *purifiée*.

Tableau I. — *Sérum-albumine* totale.

l.	Sérum-globuline.	Sérum-albumine *totale.*	Souillures globuliniques.	Sérum-albumine *purifiée.*
0	—	—	—	—
5	—	—	—	—
10	—	—	—	—
25	—	+	+	—
50	—	+ +	+ +	—
100	+	+ +	+ +	—
150	+ +	+	+	—
200	+ +	+	—	—
500	—	—	—	—
750	—	—	—	—

Tableau II. — *Sérum-albumine* purifiée.

l.	Sérum-globuline.	Sérum-albumine *totale.*	Souillures globuliniques.	Sérum-albumine *purifiée.*
0	—	—	—	—
5	—	—	—	—
10	—	—	—	—
25	—	—	—	—
50	—	—	—	—
100	—	—	—	—
150	—	—	—	—
200	—	—	—	—
500	—	—	—	—
750	—	—	—	—

Ces résultats sont loin de confirmer notre hypothèse, car la sérum-albumine *totale* engendre une seule précipitine *anti-globuline* alors que la sérum-albumine *purifiée* n'en engendre aucune.

Nous sommes donc en mesure de conclure que le pouvoir antigène de la sérum-albumine totale est due à ses souillures globuliniques et que la sérum-albumine purifiée est dépourvue de pouvoir antigène.

On retrouve, en anaphylaxie, cette inertie antigénique de la sérum-albumine *purifiée*.

Nous avons, en effet, maintes fois établi (4) que la sensibilisation anaphylactique d'un organisme par un sérum sanguin (5) est due à sa sérum-globuline; sa sérum-albumine est dépourvue de propriétés sensibilisantes (6) à la condition expresse qu'elle ait été soigneusement débarrassée de ses souillures globuliniques.

A 15h30m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16h20m.

R. C.

ERRATA.

(*Comptes rendus* du 16 octobre 1950.)

Note présentée le 24 juillet 1950, de MM. *Pierre Brocq* et *Théodore Stéphanopoli*, Sur la différenciation de deux catégories constantes d'Érythrocytes anucléés, chez l'Homme adulte, par la recherche des peroxydases dans le sang frais :

Page 800, 9e ligne, *au lieu de* La distribution de celle-ci, *lire* La distribution de celles-ci.

» 801, 4e ligne, *au lieu de* incomplètement évolués, *lire* incomplètement évoluées.

---

(4) Doladilhe, *Comptes rendus*, 221, 1945, p. 65.

(5) Mazille, *Comptes rendus*, 222, 1946, p. 927.

(6) Doladilhe et Legrand, *Comptes rendus*, 228, 1949, p. 1383.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances d'octobre 1950.

Fédération française des Sociétés de sciences naturelles. Office central de faunistique. *Faune de France*. 52. *Coléoptères curculionides* (Première partie), par Adolphe Hoffmann. 53. *Coléoptères psélaphides*, par René Jeannel. Paris, Paul Lechevalier, 1950 ; 2 vol. 25cm.

Union internationale des sciences biologiques. Série C, n° 1. *Systematic check List of mite genera and type species*, by Charles D. Radford. Paris, Secrétariat général de l'U. I. S. B., 1950; 1 vol. 24cm,5.

Institut pour la recherche scientifique en Afrique centrale (I. R. S. A. C.). *Premier rapport annuel* 1948. Bruxelles, s. d.; 1 vol. 24cm,5.

Universidad de la Republica. *Vegetación halófila de la costa uruguaya*, par Jorge Chebataroff. *Las bases cientificas y técnicas en la explotación miticola*, par Fernando de Buen. Extraits du n° 5 de la *Revista de la Facultad de Humanidades y Ciencias*. Montevideo, 1950; 2 fasc. 24cm.

Institut des Parcs nationaux du Congo belge. Exploration du Parc national Albert. Mission G. F. de Witte (1933-1935). Fasc. 59. *Staphylinidæ* (Coleoptera Polyphaga), by M. Cameron; Fasc. 62 : *Doriloidæ* (Pipunculidæ) (Diptera), by D. Elmo Hardy; Fasc. 68 : *Paussidæ*, von A. Reichensperger; Fasc. 69 : *Pompilidæ* (Hymenoptera Sphecoidea), von H. Haupt ; Fasc. 70 : *Hexapoda* 1. Orthoptera : Tridactilydæ, par L. Chopard ; 2. *Hemiptera :* Coccidæ, par P. Vayssière; 3. *Coleoptera :* Trogositidæ, par G. Fagel; 4. *Diptera :* Therevidæ et Conopidæ, par P. Vanschuytbroeck ; 5. *Hymenoptera :* Chrysididae, von S. Zimmermann. Bruxelles, 1950; 5 fasc. 28cm.

Formulas gráficas prácticas del Vitaoculiscopio y oculisvita. Procedimientos de investigación científica en El sistema ocular in vivo; la Vida celular y en la constitución de la materia, par Alice Lardé de Venturino. Montevideo, Imp. central, 1950; 1 fasc. 24cm,5,

Dirrecçao geral de minas e serviços geologicos. *Bibliografia hidrólogica do império portuguès*, por Luis de Menezes Corrêa Acciaiuoli. Vol. II. Lisboa, 1950 ; 1 vol. 25cm,5.

Ministerio da economia. Comissào reguladora do comercio de Arroz. *A influència da idade da Semente na germinacào dó Arroz*, por Manuel Vianna e Silva. Lisboa, 1947; 1 fasc. 23cm,5.

Id. *Formas cultivadas de Arroz existentes em Portugal*, por Joâo de Carvalho e Vasconcellos. Apêndice II. Lisboa, 1945; 1 fasc. 23cm,5.

Institut für Weltwirtschaft an der Universität Kiel. *Die Weltwirtschaft mitte* 1950. Kiel, 1950; 1 fasc. polycopié 29cm.

Material zur aufteilung der I. G. Farbenindustrie Aktiengesellschaft, von Hermann Gross. Kiel 1950; 1 fasc. polycopié 29cm.

Les derniers progrès de la technique. I. *Production de l'énergie. La verrerie*, par ROGER SIMONET. Paris, Calmann-Lévy, 1950; 1 vol. 19cm.

International Union of pure and applied chemistry. *Physico-chemical constants of pure organic compounds*, by J. TIMMERMANS. London, Elsevier publishing Company, Inc., 1950; 1 vol. 24cm (présenté par M. J. Duclaux).

Éphémérides nautiques ou Extrait de la connaissance des temps pour l'an 1951. Ouvrage publié par le BUREAU DES LONGITUDES spécialement à l'usage des marins. Paris, Gauthier-Villars, 1950; 1 fasc. 24cm.

La science des Roches : Étude théorique et pratique, par F. RINNE. Traduction de LÉON PERVINQUIÈRES. Nouvelle édition comprenant : *Le texte revu de la* 3e *édition française*, par LÉON BERTRAND. *Un nouveau texte de cet auteur, un complément de* JEAN ORCEL. Paris, Librairie Lamarre, 1950 ; 1 vol. 27cm (présenté par M. Mauguin).

Haut Commissariat de France en Indochine. Service météorologique. *Le climat de l'Indochine. Aperçu général et régime des vents*, par E. BRUZON, P. CARTON, A. ROMER. Saïgon, 1950; 1 vol. 27cm,5 (présenté par M. Ch. Maurain).

Sol et vitalité, n° 1. Revue publiée par l'*Association de l'homme et le sol*. Paris, 1950; 1 fasc. 24cm.

Mémoires de la Société des Ingénieurs civils de France. Centenaire. Fasc. 5 *spécial*. Paris, 1948 ; 1 fasc. 24cm.

International astronomical Union. *Transactions of the international astronomical Union*. Vol. VII. *Seventh general assembly* held at Zürich august 11 to august 18, 1948. Edited by J. H. OORT. Cambridge, at the University Press, 1950; 1 vol. 25cm.

Second cape catalogue of stars for the equinox of 1925-0 consisting of Part I : *Stars south of dec.* — 30°. Part. 2. *Zodiacal stars*. Compiled from observations made with THE REVERSIBLE TRANSIT CIRCLE AT THE ROYAL OBSERVATORY CAPE OF GOOD HOPE in the years 1925-1933 under the direction of J. JACKSON. London, His Majesty's stationery office, 1949; 1 fasc. 30cm.

(*à suivre*).